



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 120121402 A

(43) 申请公布日 2025. 06. 10

(21) 申请号 202311682094.0

G01N 3/02 (2006.01)

(22) 申请日 2023.12.08

(71) 申请人 中国石油化工股份有限公司

地址 100728 北京市朝阳区朝阳门北大街  
22号

申请人 中石化石油物探技术研究院有限公司

(72) 发明人 王辉明 刘卫华

(74) 专利代理机构 北京思创毕升专利事务所  
11218

专利代理师 廉莉莉

(51) Int. Cl.

G01N 3/08 (2006.01)

G01N 3/04 (2006.01)

G01N 3/06 (2006.01)

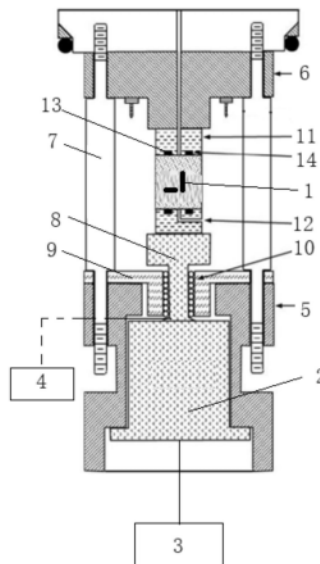
权利要求书2页 说明书12页 附图3页

## (54) 发明名称

一种基于激光校准激振补偿的岩石测试装置及方法

## (57) 摘要

本发明提供一种基于激光校准激振补偿的岩石测试装置及方法,涉及岩石物理测试技术领域,包括:岩样夹持部件,岩样夹持部件用于夹持岩样;应变测试部件,应变测试部件用于设置在岩样的表面;激振器,激振器的输出端与岩样夹持部件接触;驱动模块,驱动模块与激振器连接,用于向激振器输入电信号以驱动激振器运行;激光测振仪,激光测振仪用于测试激振器在不同运行频率下空载运行时的输出端的加速度;解决现有技术中对于较大频率范围内,不同频率下岩石物理测试的测试精度较差的问题。



1. 一种基于激光校准激振补偿的岩石测试装置,其特征在于,包括:  
岩样夹持部件,所述岩样夹持部件用于夹持岩样;  
应变测试部件,所述应变测试部件用于设置在所述岩样的表面;  
激振器,所述激振器的输出端与所述岩样夹持部件接触;  
驱动模块,所述驱动模块与所述激振器连接,用于向所述激振器输入电信号以驱动所述激振器运行;  
激光测振仪,所述激光测振仪用于测试所述激振器在不同运行频率下空载运行时的输出端的加速度。
2. 根据权利要求1所述的基于激光校准激振补偿的岩石测试装置,其特征在于,还包括补偿模块,所述补偿模块包括数据接收单元、数据处理单元和数据输出单元;  
所述数据接收单元用于接收所述激振器在不同运行频率下空载运行时的测试结果,并生成加速度与运行频率的关系数据;  
所述数据处理单元用于基于所述加速度与运行频率的关系数据生成使得所述激振器在不同运行频率下其输出端的加速度一致的驱动模块输出幅值与运行频率的关系数据;  
所述数据输出单元用于将所述驱动模块输出幅值与运行频率的关系数据传输至所述驱动模块,以对所述驱动模块输出的电信号进行补偿。
3. 根据权利要求1所述的基于激光校准激振补偿的岩石测试装置,其特征在于,还包括底座和顶板,所述底座通过连接杆与所述顶板连接,所述激振器与所述底座连接,所述岩样夹持部件设置在所述激振器与所述顶板之间。
4. 根据权利要求3所述的基于激光校准激振补偿的岩石测试装置,其特征在于,所述底座的内部设置有安装腔室,所述激振器安装在所述安装腔室内,所述安装腔室的顶部设置有开口,所述开口内设置有传振块,所述传振块的下端与所述激振器的输出端连接,所述传振块的上端与所述岩样夹持部件连接。
5. 根据权利要求4所述的基于激光校准激振补偿的岩石测试装置,其特征在于,所述底座的上侧设置有盖板,所述盖板的中部设置有轴承座,所述轴承座内设置有直线轴承,所述传振块滑动贯穿所述直线轴承。
6. 根据权利要求1所述的基于激光校准激振补偿的岩石测试装置,其特征在于,所述岩样夹持部件包括两个参考铝样块,所述岩样用于设置在两个所述参考铝样块之间,所述参考铝样块开设有孔隙流体通道,所述应变测试部件包括多对应变片,一部分所述应变片设置在所述岩样的表面,另一部分所述应变片设置在所述参考铝样块的表面。
7. 根据权利要求6所述的基于激光校准激振补偿的岩石测试装置,其特征在于,还包括纵波超声换能器和横波超声换能器,所述纵波超声换能器和所述横波超声换能器对称设置于所述岩样的竖向的中心线的两侧。
8. 一种基于激光校准激振补偿的岩石测试方法,利用根据权利要求1-7任一项所述的基于激光校准激振补偿的岩石测试装置,其特征在于,包括:  
利用激光测振仪测激振器在不同运行频率下空载运行时的输出端的加速度;  
基于激振器在不同运行频率下空载运行时的测试结果,通过驱动模块对激振器进行激振补偿;  
利用岩样夹持部件夹持岩样,并在岩样表面设置应变测试部件;

利用驱动模块驱动激振器运行,并对岩样进行测试。

9.根据权利要求8所述的基于激光校准激振补偿的岩石测试方法,其特征在于,基于激振器在不同运行频率下空载运行时的测试结果,通过驱动模块对激振器进行激振补偿包括:

利用激振器在不同运行频率下空载运行时的测试结果形成加速度与运行频率的关系数据;

基于加速度与运行频率的关系数据,获得使得激振器在不同运行频率下其输出端的加速度一致的驱动模块输出幅值与运行频率的关系数据;

将驱动模块输出幅值与运行频率的关系数据传输至所述驱动模块,以对所述驱动模块输出的电信号进行补偿,使得激振器在不同运行频率下其输出端的加速度一致。

10.根据权利要求8所述的基于激光校准激振补偿的岩石测试方法,其特征在于,激振器的运行频率范围为2Hz-1MHz。

## 一种基于激光校准激振补偿的岩石测试装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于岩石物理测试技术领域,更具体地,涉及一种基于激光校准激振补偿的岩石测试装置及方法。

### 背景技术

[0002] 地震岩石物理学搭建了地震信息与岩石最基本参数相联系的桥梁,是叠前储层预测的物理基础,是连接地震和油藏工程的纽带。岩石物理性质的研究成果主要为:一方面,从地震波数据中提取地下岩石及其饱和流体的性质奠定了物理基础,即地震反演过程;另一方面,了解地震波特性与岩石、流体性质的关系,可以帮助我们模拟地震波在复杂地表下的传播,即地震正演过程。传统的岩石物理学研究目标是微观的,多在孔隙尺度上分析岩石矿物成分、骨架以及流体性质,以及温压条件对岩石物性的影响;而测井分析资料是高分辨率的,虽然相对于微观特征分析其分辨率要低些,但是其注意力主要集中于孔隙度、渗透率、饱和度等参数,很少关注不同物性和流体状态对弹性参数的影响;地震以及地震勘探研究则主要从油田以及地质构造尺度方面着手,其分辨率很低,并且不太关注岩性和流体对地震成像的影响。所以,多尺度多学科的数据融合是未来的研究方向之一。岩石物理模型研究最重要的就是研究组成骨架及流体的各个成分物性对岩石整体物性的作用和贡献,并使建立的岩石物理模型能够尽可能精确地表征实际岩石储层。

[0003] 测量岩石的声学性质,纵、横波速度及声衰减系数等,是地球物理应用研究中的一项基础性研究工作,由于岩石的沉积环境和形成岩石的母岩的性质差别,岩石的岩性差别较大,表现出非均匀性和各向异性。岩石的这些特性致使岩石物性参数的测量,特别是声学特性的测量中还有许多问题迄今尚未解决;如低频段(1Hz-20KHz)小岩样的声速和声衰减的测量,疏松孔隙岩石和强各向异性的声参数测量等。

[0004] 因此,在实验室中准确测定现场应用频率段内的这些参数对于利用地震勘探和声波测井资料来认识地下岩石的性质,研究地震相和测井相随频率的变化特征等都具有十分重要的意义。直接进行低频(场地地震勘探与测井频段)岩石声学参数常规测试是岩石物理学家长期追求的目标。

[0005] 应力-应变法也是一类重要低频测试技术,应力-应变测量技术通过直接记录施加在岩石样品上的受迫变形从而获得岩石样品声学性质。Spencer1981年首次采用应力-应变测试原理进行了低频条件下岩石波速与衰减的实验,该方法可在应变接近 $10^{-7}$ 条件下,测试频率范围为4-400Hz不同谐波穿过岩样时,波动引起的模量变化,进而计算得到岩样的纵、横波速度。

[0006] 岩石物理研究对象由于沉积环境和成岩过程的不同,会形成不同的岩石类型,同时也存在着许多不同的孔隙结构。这些因素导致岩石的弹性性质差异很大。岩石的这些特性给岩石声学参数的测量带来许多尚未解决的问题,如低频、小岩样的衰减和声速和的测量。一般情况下,含有流体的岩石的声学参数随频率变化。利用地震勘探岩石孔隙中的流体时,往往需要结合不同频段的地球物理资料,但这些数据在频率上有着本质的不同,研究不

同频率下地球物理数据的定量关系是十分必要的。因此,准确地测量这些参数对于了解地下岩石的性质、流体识别以及各种地球物理资料的地震匹配具有重要的理论和实际意义。

[0007] 目前的岩石测试装置难以在较大频率范围内,不同频率下准确地进行岩石物理测试,测试精度难以满足研究需求。

### 发明内容

[0008] 本发明的目的是针对现有技术中存在的不足,提供一种基于激光校准激振补偿的岩石测试装置及方法,解决现有技术中对于较大频率范围内,不同频率下岩石物理测试的测试精度较差的问题。

[0009] 为了实现上述目的,本发明提供一种基于激光校准激振补偿的岩石测试装置,包括:

[0010] 岩样夹持部件,所述岩样夹持部件用于夹持岩样;

[0011] 应变测试部件,所述应变测试部件用于设置在所述岩样的表面;

[0012] 激振器,所述激振器的输出端与所述岩样夹持部件接触;

[0013] 驱动模块,所述驱动模块与所述激振器连接,用于向所述激振器输入电信号以驱动所述激振器运行;

[0014] 激光测振仪,所述激光测振仪用于测试所述激振器在不同运行频率下空载运行时的输出端的加速度。

[0015] 可选地,还包括补偿模块,所述补偿模块包括数据接收单元、数据处理单元和数据输出单元;

[0016] 所述数据接收单元用于接收所述激振器在不同运行频率下空载运行时的测试结果,并生成加速度与运行频率的关系数据;

[0017] 所述数据处理单元用于基于所述加速度与运行频率的关系数据生成使得所述激振器在不同运行频率下其输出端的加速度一致的驱动模块输出幅值与运行频率的关系数据;

[0018] 所述数据输出单元用于将所述驱动模块输出幅值与运行频率的关系数据传输至所述驱动模块,以对所述驱动模块输出的电信号进行补偿。

[0019] 可选地,还包括底座和顶板,所述底座通过连接杆与所述顶板连接,所述激振器与所述底座连接,所述岩样夹持部件设置在所述激振器与所述顶板之间。

[0020] 可选地,所述底座的内部设置有安装腔室,所述激振器安装在所述安装腔室内,所述安装腔室的顶部设置有开口,所述开口内设置有传振块,所述传振块的下端与所述激振器的输出端连接,所述传振块的上端与所述岩样夹持部件连接。

[0021] 可选地,所述底座的上侧设置有盖板,所述盖板的中部设置有轴承座,所述轴承座内设置有直线轴承,所述传振块滑动贯穿所述直线轴承。

[0022] 可选地,所述岩样夹持部件包括两个参考铝样块,所述岩样用于设置在两个所述参考铝样块之间,所述参考铝样块开设有孔隙流体通道,所述应变测试部件包括多对应变片,一部分所述应变片设置在所述岩样的表面,另一部分所述应变片设置在所述参考铝样块的表面。

[0023] 可选地,还包括纵波超声换能器和横波超声换能器,所述纵波超声换能器和所述

横波超声换能器对称设置于所述岩样的竖向的中心线的两侧。

[0024] 本发明还提供一种基于激光校准激振补偿的岩石测试方法,利用上述的基于激光校准激振补偿的岩石测试装置,包括:

[0025] 利用激光测振仪测激振器在不同运行频率下空载运行时的输出端的加速度;

[0026] 基于激振器在不同运行频率下空载运行时的测试结果,通过驱动模块对激振器进行激振补偿;

[0027] 利用岩样夹持部件夹持岩样,并在岩样表面设置应变测试部件;

[0028] 利用驱动模块驱动激振器运行,并对岩样进行测试。

[0029] 可选地,基于激振器在不同运行频率下空载运行时的测试结果,通过驱动模块对激振器进行激振补偿包括:

[0030] 利用激振器在不同运行频率下空载运行时的测试结果形成加速度与运行频率的关系数据;

[0031] 基于加速度与运行频率的关系数据,获得使得激振器在不同运行频率下其输出端的加速度一致的驱动模块输出幅值与运行频率的关系数据;

[0032] 将驱动模块输出幅值与运行频率的关系数据传输至所述驱动模块,以对所述驱动模块输出的电信号进行补偿,使得激振器在不同运行频率下其输出端的加速度一致。

[0033] 可选地,激振器的运行频率范围为2Hz-1MHz。

[0034] 本发明提供一种基于激光校准激振补偿的岩石测试装置及方法,其有益效果在于:该基于激光校准激振补偿的岩石测试装置通过驱动模块向激振器输入电信号以驱动激振器运行,通过粘贴于样品轴向和径向上的应变测试部件测量岩样的受迫形变,在测试之前,通过激光测振仪测试激振器在不同运行频率下空载运行时的输出端的加速度,基于该测试结果,可以形成加速度与运行频率的关系数据,基于该加速度与运行频率的关系数据可以对激振器进行激振补偿,具体补偿过程为基于加速度与运行频率的关系数据生成使得激振器在不同运行频率下其输出端的加速度一致的驱动模块输出幅值与运行频率的关系数据,将驱动模块输出幅值与运行频率的关系数据传输至所述驱动模块,以对所述驱动模块输出的电信号进行补偿,使得激振器在不同运行频率下其输出端的加速度一致;这样,补偿后的激振器的机械性能变得稳定,输出应力不再随频率的变化发生变化,补偿后的应变输出以近直线的稳定形式变化,更符合实际情况,基于激光校准激振补偿后的岩石测试装置提高了数据测量的可靠性和准确性,因而可以更有效且准确地开展低频岩石物理测试。

[0035] 本发明的其它特征和优点将在随后具体实施方式部分予以详细说明。

## 附图说明

[0036] 通过结合附图对本发明示例性实施方式进行更详细的描述,本发明的上述以及其它目的、特征和优势将变得更加明显,其中,在本发明示例性实施方式中,相同的参考标号通常代表相同部件。

[0037] 图1示出了根据本发明的实施例一的一种基于激光校准激振补偿的岩石测试装置的结构示意图。

[0038] 图2示出了根据本发明的实施例一的激振器空载运行时的输出端的加速度与运行频率的关系数据图。

[0039] 图3示出了根据本发明的实施例一的基于加速度与运行频率的关系数据生成的能够使得激振器在不同运行频率下其输出端的加速度一致的驱动模块输出幅值与运行频率的关系数据图。

[0040] 图4示出了根据本发明的实施例一的基于激光校准激振补偿后的激振器运行的加速度与运行频率的关系数据图。

[0041] 图5示出了根据本发明的实施例二的一种基于激光校准激振补偿的岩石测试方法的流程图。

[0042] 附图标记说明：

[0043] 1、应变测试部件；2、激振器；3、驱动模块；4、激光测振仪；5、底座；6、顶板；7、连接杆；8、传振块；9、盖板；10、直线轴承；11、参考铝样块；12、孔隙流体通道；13、纵波超声换能器；14、横波超声换能器。

### 具体实施方式

[0044] 下面将更详细地描述本发明的优选实施方式。虽然以下描述了本发明的优选实施方式，然而应该理解，可以以各种形式实现本发明而不应被这里阐述的实施方式所限制。相反，提供这些实施方式是为了使本发明更加透彻和完整，并且能够将本发明的范围完整地传达给本领域的技术人员。

[0045] 本发明提供一种基于激光校准激振补偿的岩石测试装置，包括：

[0046] 岩样夹持部件，岩样夹持部件用于夹持岩样；

[0047] 应变测试部件，应变测试部件用于设置在岩样的表面；

[0048] 激振器，激振器的输出端与岩样夹持部件接触；

[0049] 驱动模块，驱动模块与激振器连接，用于向激振器输入电信号以驱动激振器运行；

[0050] 激光测振仪，激光测振仪用于测试激振器在不同运行频率下空载运行时的输出端的加速度。

[0051] 具体的，为解决现有技术中对于较大频率范围内，不同频率下岩石物理测试的测试精度较差的问题；如图1所示，本发明提供的基于激光校准激振补偿的岩石测试装置通过驱动模块向激振器输入电信号以驱动激振器运行，通过粘贴于样品轴向和径向上的应变测试部件测量岩样的受迫形变，在测试之前，通过激光测振仪测试激振器在不同运行频率下空载运行时的输出端的加速度，基于该测试结果，可以形成加速度与运行频率的关系数据，基于该加速度与运行频率的关系数据可以对激振器进行激振补偿，具体补偿过程为基于加速度与运行频率的关系数据生成使得激振器在不同运行频率下其输出端的加速度一致的驱动模块输出幅值与运行频率的关系数据，将驱动模块输出幅值与运行频率的关系数据传输至驱动模块，以对驱动模块输出的电信号进行补偿，使得激振器在不同运行频率下其输出端的加速度一致；这样，补偿后的激振器的机械性能变得稳定，输出应力不再随频率的变化发生变化，补偿后的应变输出以近直线的稳定形式变化，更符合实际情况，基于激光校准激振补偿后的岩石测试装置提高了数据测量的可靠性和准确性，因而可以更有效且准确地开展低频岩石物理测试。

[0052] 可选地，应变测试部件为粘贴于岩样轴向和径向上的电阻应变片，能够记录岩样的受迫变形。

[0053] 可选地,激振器为压电陶瓷激振器,相比于传统的测试装置使用的电磁振动器,能够在高负载下工作。

[0054] 可选地,驱动模块为函数发生器,在其它实施例中,还可以采用D/A数模转换器。

[0055] 可选地,激光测振仪为多普勒激光测振仪。

[0056] 进一步的,在岩石物理低频测试中,激振器将特定频率的电信号转化为正弦运动产生应力,对激振器的控制来自于精确校正的振幅的正弦应力信号,避免造成激振器产生的应力振幅过小或过大而影响应变的测量,本发明采用合适的控制激振器应力增益补偿,使激振器的机械性能变得稳定,输出应力不再随频率发生变化;补偿后的应变输出以近直线的稳定形式变化,更符合实际情况,提高了测试的准确性。

[0057] 可选地,采用激光测振仪对激振器本身在没有加载岩样的情况下进行逐个频率点的测试,获得激振器原始状态的输出端的加速度,得到不同频率下加速度与频率的关系数据图,如图2所示;然后通过逐个频率点的激发能量校正,获得驱动模块的对应输出幅值,将此对应输出幅值绘图,如图3所示,按各个频率点能量幅度输出,使得激振器本身的加速度形一条水平直线,如图4所示;这样就可以获得一个均衡的能量输出,避免激励信号根激振器的响应频率发生大小不平衡抖动,影响测试精度;这样控制激振器应力增益补偿使激振器的机械性能变得稳定,输出应力不再随频率发生变化,补偿后的应变输出以近直线的稳定形式变化,更符合实际情况,校准补偿后的岩石测试装置提高了数据测量的可靠性和准确性,因而可以更有效地开展低频岩石物理实验;上述的补偿过程可以以逐个频率点进行补偿的方式,通过人工计算,进行补偿,获得能够使得激振器在不同运行频率下其输出端的加速度一致的驱动模块输出幅值与运行频率的关系数据图后,按照该数据图调节驱动模块,使得驱动模块驱动作用下激振器在不同运行频率下其输出端的加速度一致。

[0058] 可选地,还包括补偿模块,补偿模块包括数据接收单元、数据处理单元和数据输出单元;

[0059] 数据接收单元用于接收激振器在不同运行频率下空载运行时的测试结果,并生成加速度与运行频率的关系数据;

[0060] 数据处理单元用于基于加速度与运行频率的关系数据生成使得激振器在不同运行频率下其输出端的加速度一致的驱动模块输出幅值与运行频率的关系数据;

[0061] 数据输出单元用于将驱动模块输出幅值与运行频率的关系数据传输至驱动模块,以对驱动模块输出的电信号进行补偿。

[0062] 具体的,为提高该基于激光校准激振补偿的岩石测试装置的自动化运行情况,可以设置补偿模块,利用数据接收单元接收激振器在不同运行频率下空载运行时的测试结果,并生成加速度与运行频率的关系数据,加速度与运行频率的关系数据在数据处理单元中进行补偿处理,数据处理单元基于加速度与运行频率的关系数据生成使得激振器在不同运行频率下其输出端的加速度一致的驱动模块输出幅值与运行频率的关系数据,并通过数据输出单元将该驱动模块输出幅值与运行频率的关系数据输送至驱动模块,实现对驱动模块输出的电信号进行补偿;这样就可以自动完成基于激光校准的激振补偿,提高该基于激光校准激振补偿的岩石测试装置的自动化运行程度。

[0063] 可选地,还包括底座和顶板,底座通过连接杆与顶板连接,激振器与底座连接,岩样夹持部件设置在激振器与顶板之间。

[0064] 具体的,底座和顶板通过连接杆进行连接,连接杆的两端设置螺纹部,穿设进入底座和顶板,并与底座和顶板进行连接,激振器与底座固定连接,岩样夹持部件处于顶板与激振器之间,接受激振器的振动。

[0065] 可选地,底座的内部设置有安装腔室,激振器安装在安装腔室内,安装腔室的顶部设置有开口,开口内设置有传振块,传振块的下端与激振器的输出端连接,传振块的上端与岩样夹持部件连接。

[0066] 具体的,激振器的壳体端固定连接在底座内的安装腔室内,激振器的输出端与贯穿安装腔室顶部的开口的传振块连接,通过传振块将振动传出至岩样夹持部件,激振器设置在安装腔室内,与安装腔室的腔室壁紧密配合,能够提高其运行时的稳定性。

[0067] 可选地,底座的上侧设置有盖板,盖板的中部设置有轴承座,轴承座内设置有直线轴承,传振块滑动贯穿直线轴承。

[0068] 具体的,盖板盖住安装腔室顶部的开口,并且通过器中部的轴承座安装直线轴承,传振块与直线轴承滑动配合,提高振动传递的准确性。

[0069] 可选地,岩样夹持部件包括两个参考铝样块,岩样用于设置在两个参考铝样块之间,参考铝样块开设有孔隙流体通道,应变测试部件包括多对应变片,一部分应变片设置在岩样的表面,另一部分应变片设置在参考铝样块的表面。

[0070] 具体的,一上一下两个参考铝样块作为岩样夹持部件夹持岩样,两个参考铝样块内部开设孔隙流体通道,用于注入流体,以便实现相关的岩样测试项目,应变片可以设置6对,其中4对带有绝缘基底的半导体类型应变片贴附于岩样的表面上,4对中的2对垂直方向排布,4对中的另2对水平方向排布,其中剩余的2对半导体类型应变片贴附与参考铝样块的表面上,垂直方向排布。

[0071] 进一步的,岩样的外侧采用环氧树脂层替代传统的Kapton胶包裹岩样,在改善应变片粘贴的同时,能够获取可靠和可重复的实验数据;在一个实施例中,该基于激光校准激振补偿的岩石测试装置的测量的频率范围为2Hz - 1MHz,可测量纵波和横波速度及岩样的弹性参数,可适应高温高压条件,即可模拟深层的高温高压储层条件,孔隙流体通道允许独立于围压的孔隙流体控制与流体交换。

[0072] 可选地,还包括纵波超声换能器和横波超声换能器,纵波超声换能器和横波超声换能器对称设置于岩样的竖向的中心线的两侧。

[0073] 具体的,纵波超声换能器和横波超声换能器置于岩样的竖向中心轴线的左右两侧,获取同一位置的超声数据。

[0074] 综上,本发明提供的基于激光校准激振补偿的岩石测试装置的测试原理为:基于电测法在岩石物理实验测量中的应用,电测法可以用于测试物体表面上指定区域的应变,测量方式是通过一定的应变传感元器件,即本发明中的应变片,把所测量的应变变化转换成电阻的变化,再通过相关的仪器转换为电压(或电流)变化并用放大器加以放大,最后给出显示和处理结果。传感元器件就是敏感电阻应变片,电阻应变片是一种电阻式的传感器,是电测法的关键元器件,它以本身电阻值的变化来反映测量样品的应变。粘贴好的应变片所感受到的由机械振动产生的应变,与电阻值变化率保持了一个比例关系,比例系数为应变片灵敏系数,这个敏感系数由电阻应变片本身所决定。相关的仪器就是基于惠斯通电桥的电阻应变仪,惠斯通电桥的特点是电阻变化率与输出电压值保持高度的线性关系;在一

个实施例中,岩样的表面上贴有4对带有绝缘基底的半导体类型应变片,其中2对垂直方向排布,2对水平方向排布,参考铝样表面上贴有2对垂直方向排布的半导体类型应变片,当激振器发出正弦信号振动时,岩样和参考铝样块都会发生不同程度的变形,粘贴于岩样表面上的垂直、水平方向的半导体类型应变片和参考铝样表面上垂直方向的半导体类型应变片,其电阻会随着正弦信号发生变化,阻值的相对变化值会通过惠斯通电桥电路转变成电压信号,最后再经过放大、采集处理就可以得到应变信息。

[0075] 激振器即振动器,是该基于激光校准激振补偿的岩石测试装置中的核心硬件之一,该基于激光校准激振补偿的岩石测试装置中的震源采用电动力式激振器,它的工作原理是根据通电导体在磁场中受到磁场力作用而运动,它非常适合作为机械阻抗测量中的动力发生器,因为它只需要较小的力,同样也可用于校准振动传感器,它具有高灵敏度以及较宽范围的频率响应,最高达到18kHz;其悬挂系统由限制运动元件的径向弯曲弹簧组成,可以产生近乎完美的直线运动,叠层弯曲弹簧提供高阻尼程度以减少由于弯曲共振引起的失真;激振器允许的最大位移是6mm,最大的力是10N,图2所示的是同一幅值输出在不同频率下加速度与频率的关系数据图。

[0076] 本发明还提供一种基于激光校准激振补偿的岩石测试方法,利用上述的基于激光校准激振补偿的岩石测试装置,包括:

[0077] 利用激光测振仪测激振器在不同运行频率下空载运行时的输出端的加速度;

[0078] 基于激振器在不同运行频率下空载运行时的测试结果,通过驱动模块对激振器进行激振补偿;

[0079] 利用岩样夹持部件夹持岩样,并在岩样表面设置应变测试部件;

[0080] 利用驱动模块驱动激振器运行,并对岩样进行测试。

[0081] 具体的,本发明提供的基于激光校准补偿的岩石测试方法,采用上述的基于激光校准补偿的岩石测试装置,在测试前,采用激光校准激振补偿的方式进行补偿,利用激光测振仪测激振器在不同运行频率下空载运行时的输出端的加速度,采用逐个频率点测试的方式,并且记录测试结果,生成如图2所示的加速度与运行频率的关系数据图,然后采用逐个频率点补偿的方式,基于加速度与运行频率的关系数据生成使得激振器在不同运行频率下其输出端的加速度一致的驱动模块输出幅值与运行频率的关系数据,并且记录补偿结果,生成如图3所示的驱动模块输出幅值与运行频率的关系数据图,利用驱动模块输出幅值与运行频率的关系数据对驱动模块进行补偿,通过驱动模块对激振器进行激振补偿,使得激振器在不同运行频率下其输出端的加速度一致;之后再利用岩样夹持部件夹持好岩样,在岩样表面贴好应变测试部件,启动驱动模块驱动激振器运行,进而进行岩样的物理低频测试;这样的在先激振补偿能够避免激励信号跟激振器的响应频率发生大小不平衡抖动,从而提高测试精度。

[0082] 可选地,基于激振器在不同运行频率下空载运行时的测试结果,通过驱动模块对激振器进行激振补偿包括:

[0083] 利用激振器在不同运行频率下空载运行时的测试结果形成加速度与运行频率的关系数据;

[0084] 基于加速度与运行频率的关系数据,获得使得激振器在不同运行频率下其输出端的加速度一致的驱动模块输出幅值与运行频率的关系数据;

[0085] 将驱动模块输出幅值与运行频率的关系数据传输至驱动模块,以对驱动模块输出的电信号进行补偿,使得激振器在不同运行频率下其输出端的加速度一致。

[0086] 具体的,本发明采用多普勒激光测振仪对激振器本身在没有加载岩样的情况下进行逐个频率点的测试,获得激振器原始状态的输出端的加速度,得到不同频率下加速度与频率的关系图,然后通过逐个频率点的激发能量校正,得到函数发生器的对应输出幅值,将此对应输出幅值绘图,按各频率点能量幅度输出,使激振器本身的加速度输出成一条水平直线,这样就可以得到一个均衡的能量输出,避免激励信号跟激振器的响应频率发生大小不平衡抖动,从而影响测试精度。这样的控制激振器应力增益补偿使激振器的机械性能变得稳定,输出应力不再随频率发生变化;补偿后的应变输出以近直线的稳定形式变化,更符合实际情况;校准补偿后提高了数据测量的可靠性和准确性,因而可以更有效地开展低频岩石物理测试。

[0087] 可选地,激振器的运行频率范围为2Hz-1MHz。

[0088] 具体的,经过上述的基于激光校准激振补偿的岩石测试方法,对上述的基于激光校准激振补偿的岩石测试装置进行激振补偿,补偿后的基于激光校准激振补偿的岩石测试装置能够在宽频带范围内定量研究含流体岩石的弹性参数频散特征,为建立储层弹性参数与地震响应之间定量关系及发展储层预测和流体识别新技术奠定了重要的基础。

[0089] 实施例一

[0090] 如图1所示,本发明提供一种基于激光校准激振补偿的岩石测试装置,包括:

[0091] 岩样夹持部件,岩样夹持部件用于夹持岩样;

[0092] 应变测试部件1,应变测试部件1用于设置在岩样的表面;

[0093] 激振器2,激振器2的输出端与岩样夹持部件接触;

[0094] 驱动模块3,驱动模块3与激振器2连接,用于向激振器2输入电信号以驱动激振器2运行;

[0095] 激光测振仪4,激光测振仪4用于测试激振器2在不同运行频率下空载运行时的输出端的加速度。

[0096] 具体的,为解决现有技术中对于较大频率范围内,不同频率下岩石物理测试的测试精度较差的问题;本发明提供的基于激光校准激振补偿的岩石测试装置通过驱动模块3向激振器2输入电信号以驱动激振器2运行,通过粘贴于样品轴向和径向上的应变测试部件1测量岩样的受迫形变,在测试之前,通过激光测振仪4测试激振器2在不同运行频率下空载运行时的输出端的加速度,基于该测试结果,可以形成加速度与运行频率的关系数据,基于该加速度与运行频率的关系数据可以对激振器2进行激振补偿,具体补偿过程为基于加速度与运行频率的关系数据生成使得激振器2在不同运行频率下其输出端的加速度一致的驱动模块3输出幅值与运行频率的关系数据,将驱动模块3输出幅值与运行频率的关系数据传输至驱动模块3,以对驱动模块3输出的电信号进行补偿,使得激振器2在不同运行频率下其输出端的加速度一致;这样,补偿后的激振器2的机械性能变得稳定,输出应力不再随频率的变化发生变化,补偿后的应变输出以近直线的稳定形式变化,更符合实际情况,基于激光校准激振补偿后的岩石测试装置提高了数据测量的可靠性和准确性,因而可以更有效且准确地开展低频岩石物理测试。

[0097] 在本实施例中,应变测试部件1为粘贴于岩样轴向和径向上的电阻应变片,能够记

录岩样的受迫变形。

[0098] 在本实施例中,激振器2为压电陶瓷激振器2,相比于传统的测试装置使用的电磁振动器,能够在高负载下工作。

[0099] 在本实施例中,驱动模块3为函数发生器,在其它实施例中,还可以采用D/A数模转换器。

[0100] 在本实施例中,激光测振仪4为多普勒激光测振仪4。

[0101] 进一步的,在岩石物理低频测试中,激振器2将特定频率的电信号转化为正弦运动产生应力,对激振器2的控制来自于精确校正的振幅的正弦应力信号,避免造成激振器2产生的应力振幅过小或过大而影响应变的测量,本发明采用合适的控制激振器2应力增益补偿,使激振器2的机械性能变得稳定,输出应力不再随频率发生变化;补偿后的应变输出以近直线的稳定形式变化,更符合实际情况,提高了测试的准确性。

[0102] 可选地,采用激光测振仪4对激振器2本身在没有加载岩样的情况下进行逐个频率点的测试,获得激振器2原始状态的输出端的加速度,得到不同频率下加速度与频率的关系数据图,如图2所示;然后通过逐个频率点的激发能量校正,获得驱动模块3的对应输出幅值,将此对应输出幅值绘图,如图3所示,按各个频率点能量幅度输出,使得激振器2本身的加速度形一条水平直线,如图4所示;这样就可以获得一个均衡的能量输出,避免激励信号根激振器2的响应频率发生大小不平衡抖动,影响测试精度;这样控制激振器2应力增益补偿使激振器2的机械性能变得稳定,输出应力不再随频率发生变化,补偿后的应变输出以近直线的稳定形式变化,更符合实际情况,校准补偿后的岩石测试装置提高了数据测量的可靠性和准确性,因而可以更有效地开展低频岩石物理实验;上述的补偿过程可以以逐个频率点进行补偿的方式,通过人工计算,进行补偿,获得能够使得激振器2在不同运行频率下其输出端的加速度一致的驱动模块3输出幅值与运行频率的关系数据图后,按照该数据图调节驱动模块3,使得驱动模块3驱动作用下激振器2在不同运行频率下其输出端的加速度一致。

[0103] 在本实施例中,还包括补偿模块,补偿模块包括数据接收单元、数据处理单元和数据输出单元;

[0104] 数据接收单元用于接收激振器2在不同运行频率下空载运行时的测试结果,并生成加速度与运行频率的关系数据;

[0105] 数据处理单元用于基于加速度与运行频率的关系数据生成使得激振器2在不同运行频率下其输出端的加速度一致的驱动模块3输出幅值与运行频率的关系数据;

[0106] 数据输出单元用于将驱动模块3输出幅值与运行频率的关系数据传输至驱动模块3,以对驱动模块3输出的电信号进行补偿。

[0107] 具体的,为提高该基于激光校准激振补偿的岩石测试装置的自动化运行情况,在本实施例中设置了补偿模块,利用数据接收单元接收激振器2在不同运行频率下空载运行时的测试结果,并生成加速度与运行频率的关系数据,加速度与运行频率的关系数据在数据处理单元中进行补偿处理,数据处理单元基于加速度与运行频率的关系数据生成使得激振器2在不同运行频率下其输出端的加速度一致的驱动模块3输出幅值与运行频率的关系数据,并通过数据输出单元将该驱动模块3输出幅值与运行频率的关系数据输送至驱动模块3,实现对驱动模块3输出的电信号进行补偿;这样就可以自动完成补基于激光校准的激

振补偿,提高该基于激光校准激振补偿的岩石测试装置的自动化运行程度。

[0108] 在本实施例中,还包括底座5和顶板6,底座5通过连接杆7与顶板6连接,激振器2与底座5连接,岩样夹持部件设置在激振器2与顶板6之间。

[0109] 具体的,底座5和顶板6通过连接杆7进行连接,连接杆7的两端设置螺纹部,穿设进入底座5和顶板6,并与底座5和顶板6进行连接,激振器2与底座5固定连接,岩样夹持部件处于顶板6与激振器2之间,接受激振器2的振动。

[0110] 在本实施例中,底座5的内部设置有安装腔室,激振器2安装在安装腔室内,安装腔室的顶部设置有开口,开口内设置有传振块8,传振块8的下端与激振器2的输出端连接,传振块8的上端与岩样夹持部件连接。

[0111] 在本实施例中,激振器2的壳体端固定连接在底座5内的安装腔室内,激振器2的输出端与贯穿安装腔室顶部的开口的传振块8连接,通过传振块8将振动传出至岩样夹持部件,激振器2设置在安装腔室内,与安装腔室的腔室壁紧密配合,能够提高其运行时的稳定性。

[0112] 在本实施例中,底座5的上侧设置有盖板9,盖板9的中部设置有轴承座,轴承座内设置有直线轴承10,传振块8滑动贯穿直线轴承10。

[0113] 具体的,盖板9盖住安装腔室顶部的开口,并且通过器中部的轴承座安装直线轴承10,传振块8与直线轴承10滑动配合,提高振动传递的准确性。

[0114] 在本实施例中,岩样夹持部件包括两个参考铝样块11,岩样用于设置在两个参考铝样块11之间,参考铝样块11开设有孔隙流体通道12,应变测试部件1包括多对应变片,一部分应变片设置在岩样的表面,另一部分应变片设置在参考铝样块11的表面。

[0115] 具体的,一上一下两个参考铝样块11作为岩样夹持部件夹持岩样,两个参考铝样块11内部开设孔隙流体通道12,用于注入流体,以便实现相关的岩样测试项目,应变片可以设置6对,其中4对带有绝缘基底的半导体类型应变片贴附于岩样的表面上,4对中的2对垂直方向排布,4对中的另2对水平方向排布,其中剩余的2对半导体类型应变片贴附与参考铝样块11的表面上,垂直方向排布。

[0116] 进一步的,岩样的外侧采用环氧树脂层替代传统的Kapton胶包裹岩样,在改善应变片粘贴的同时,能够获取可靠和可重复的实验数据;在本实施例中,该基于激光校准激振补偿的岩石测试装置的测量的频率范围为2Hz-1MHz,可测量纵波和横波速度及岩样的弹性参数,可适应高温高压条件,即可模拟深层的高温高压储层条件,孔隙流体通道12允许独立于围压的孔隙流体控制与流体交换。

[0117] 在本实施例中,还包括纵波超声换能器13和横波超声换能器14,纵波超声换能器13和横波超声换能器14对称设置于岩样的竖向的中心线的两侧。

[0118] 具体的,纵波超声换能器13和横波超声换能器14置于岩样的竖向中心轴线的左右两侧,获取同一位置的超声数据。

[0119] 综上,本发明提供的基于激光校准激振补偿的岩石测试装置的测试原理为:基于电测法在岩石物理实验测量中的应用,电测法可以用于测试物体表面上指定区域的应变,测量方式是通过一定的应变传感元器件,即本发明中的应变片,把所测量的应变变化转换成电阻的变化,再通过相关的仪器转换为电压(或电流)变化并用放大器加以放大,最后给出显示和处理结果。传感元器件就是敏感电阻应变片,电阻应变片是一种电阻式的传感器,

是电测法的关键元器件,它以本身电阻值的变化来反映测量样品的应变。粘贴好的应变片所感受到的由机械振动产生的应变,与电阻值变化率保持了一个比例关系,比例系数为应变片灵敏系数,这个敏感系数由电阻应变片本身所决定。相关的仪器就是基于惠斯通电桥的电阻应变仪,惠斯通电桥的特点是电阻变化率与输出电压值保持高度的线性关系;在本实施例中,岩样的表面上贴有4对带有绝缘基底的半导体类型应变片,其中2对垂直方向排布,2对水平方向排布,参考铝样表面上贴有2对垂直方向排布的半导体类型应变片,当激振器2发出正弦信号振动时,岩样和参考铝样块11都会发生不同程度的变形,粘贴于岩样表面上的垂直、水平方向的半导体类型应变片和参考铝样表面上垂直方向的半导体类型应变片,其电阻会随着正弦信号发生变化,阻值的相对变化值会通过惠斯通电桥电路转变成电压信号,最后再经过放大、采集处理就可以得到应变信息。

[0120] 激振器2即振动器,是该基于激光校准激振补偿的岩石测试装置中的核心硬件之一,该基于激光校准激振补偿的岩石测试装置中的震源采用电动力式激振器2,它的工作原理是根据通电导体在磁场中受到磁场力作用而运动,它非常适合作为机械阻抗测量中的动力发生器,因为它只需要较小的力,同样也可用于校准振动传感器,它具有高灵敏度以及较宽范围的频率响应,最高达到18kHz;其悬挂系统由限制运动元件的径向弯曲弹簧组成,可以产生近乎完美的直线运动,叠层弯曲弹簧提供高阻尼程度以减少由于弯曲共振引起的失真;激振器2允许的最大位移是6mm,最大的力是10N,图2所示的是同一幅值输出在不同频率下加速度与频率的关系数据图。

[0121] 实施例二

[0122] 如图5所示,本发明还提供一种基于激光校准激振补偿的岩石测试方法,利用上述的基于激光校准激振补偿的岩石测试装置,包括:

[0123] 利用激光测振仪4测激振器2在不同运行频率下空载运行时的输出端的加速度;

[0124] 基于激振器2在不同运行频率下空载运行时的测试结果,通过驱动模块3对激振器2进行激振补偿;

[0125] 利用岩样夹持部件夹持岩样,并在岩样表面设置应变测试部件1;

[0126] 利用驱动模块3驱动激振器2运行,并对岩样进行测试。

[0127] 具体的,本发明提供的基于激光校准补偿的岩石测试方法,采用上述的基于激光校准补偿的岩石测试装置,在测试前,采用激光校准激振补偿的方式进行补偿,利用激光测振仪4测激振器2在不同运行频率下空载运行时的输出端的加速度,采用逐个频率点测试的方式,并且记录测试结果,生成如图2所示的加速度与运行频率的关系数据图,然后采用逐个频率点补偿的方式,基于加速度与运行频率的关系数据生成使得激振器2在不同运行频率下其输出端的加速度一致的驱动模块3输出幅值与运行频率的关系数据,并且记录补偿结果,生成如图3所示的驱动模块3输出幅值与运行频率的关系数据图,利用驱动模块3输出幅值与运行频率的关系数据对驱动模块3进行补偿,通过驱动模块3对激振器2进行激振补偿,使得激振器2在不同运行频率下其输出端的加速度一致;之后再利用岩样夹持部件夹持好岩样,在岩样表面贴好应变测试部件1,启动驱动模块3驱动激振器2运行,进而进行岩样的物理低频测试;这样的在先激振补偿能够避免激励信号跟激振器2的响应频率发生大小不平衡抖动,从而提高测试精度。

[0128] 在本实施例中,基于激振器2在不同运行频率下空载运行时的测试结果,通过驱动

模块3对激振器2进行激振补偿包括:

[0129] 利用激振器2在不同运行频率下空载运行时的测试结果形成加速度与运行频率的关系数据;

[0130] 基于加速度与运行频率的关系数据,获得使得激振器2在不同运行频率下其输出端的加速度一致的驱动模块3输出幅值与运行频率的关系数据;

[0131] 将驱动模块3输出幅值与运行频率的关系数据传输至驱动模块3,以对驱动模块3输出的电信号进行补偿,使得激振器2在不同运行频率下其输出端的加速度一致。

[0132] 具体的,本发明采用多普勒激光测振仪4对激振器2本身在没有加载岩样的情况下进行逐个频率点的测试,获得激振器2原始状态的输出端的加速度,得到不同频率下加速度与频率的关系图,然后通过逐个频率点的激发能量校正,得到函数发生器的对应输出幅值,将此对应输出幅值绘图,按各频率点能量幅度输出,使激振器2本身的加速度输出成一条水平直线,这样就可以得到一个均衡的能量输出,避免激励信号跟激振器2的响应频率发生大小不平衡抖动,从而影响测试精度。这样的控制激振器2应力增益补偿使激振器2的机械性能变得稳定,输出应力不再随频率发生变化;补偿后的应变输出以近直线的稳定形式变化,更符合实际情况;校准补偿后提高了数据测量的可靠性和准确性,因而可以更有效地开展低频岩石物理测试。

[0133] 在本实施例中,激振器2的运行频率范围为2Hz-1MHz。

[0134] 具体的,经过上述的基于激光校准激振补偿的岩石测试方法,对上述的基于激光校准激振补偿的岩石测试装置进行激振补偿,补偿后的基于激光校准激振补偿的岩石测试装置能够在宽频带范围内定量研究含流体岩石的弹性参数频散特征,为建立储层弹性参数与地震响应之间定量关系及发展储层预测和流体识别新技术奠定了重要的基础。

[0135] 以上已经描述了本发明的各实施例,上述说明是示例性的,并非穷尽性的,并且也不限于所披露的各实施例。在不偏离所说明的各实施例的范围和精神的情况下,对于本技术领域的普通技术人员来说许多修改和变更都是显而易见的。

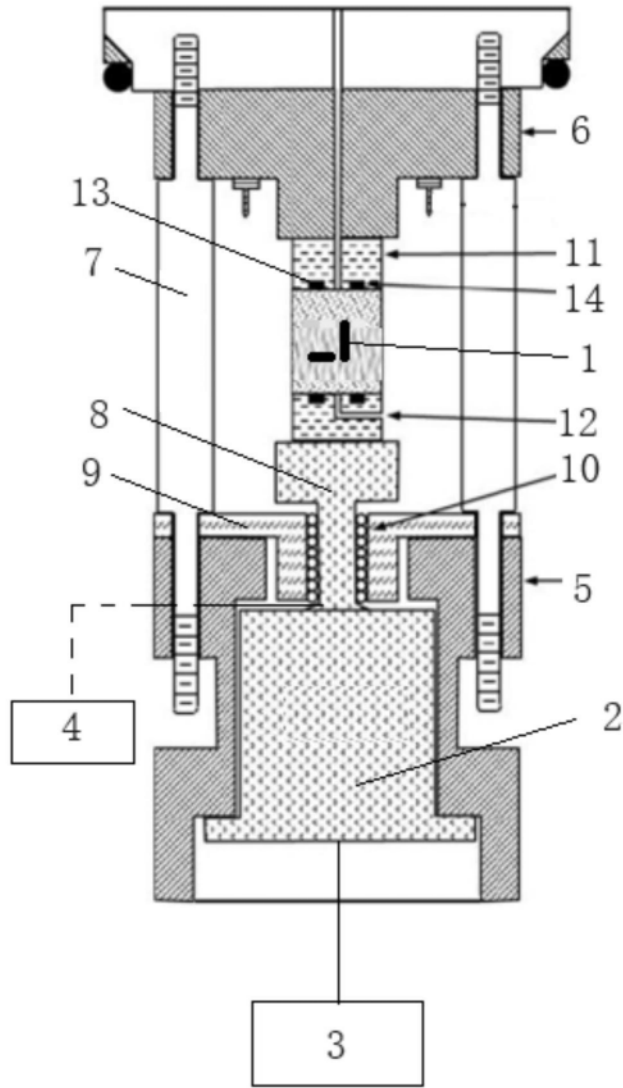


图1

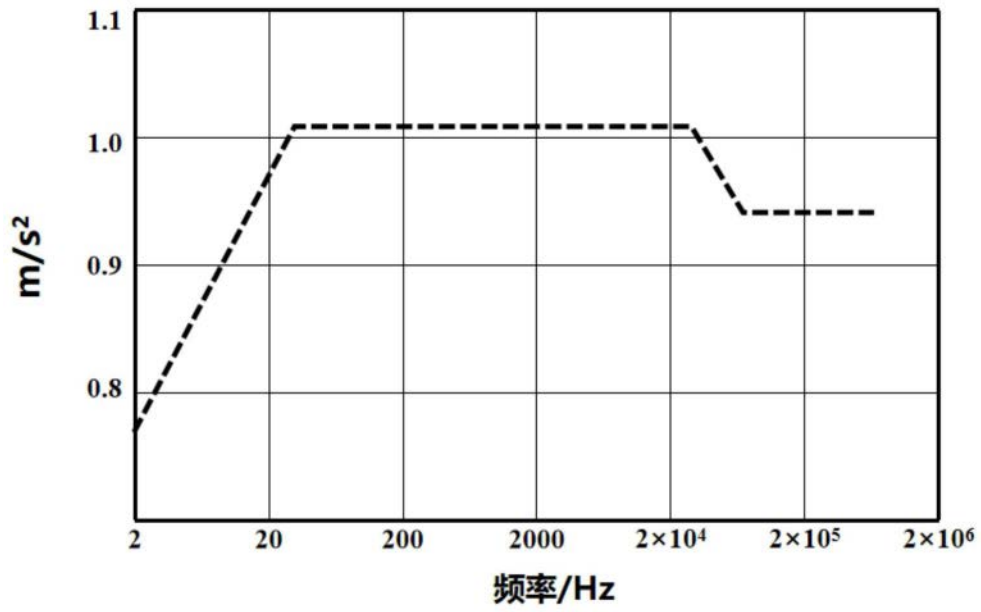


图2

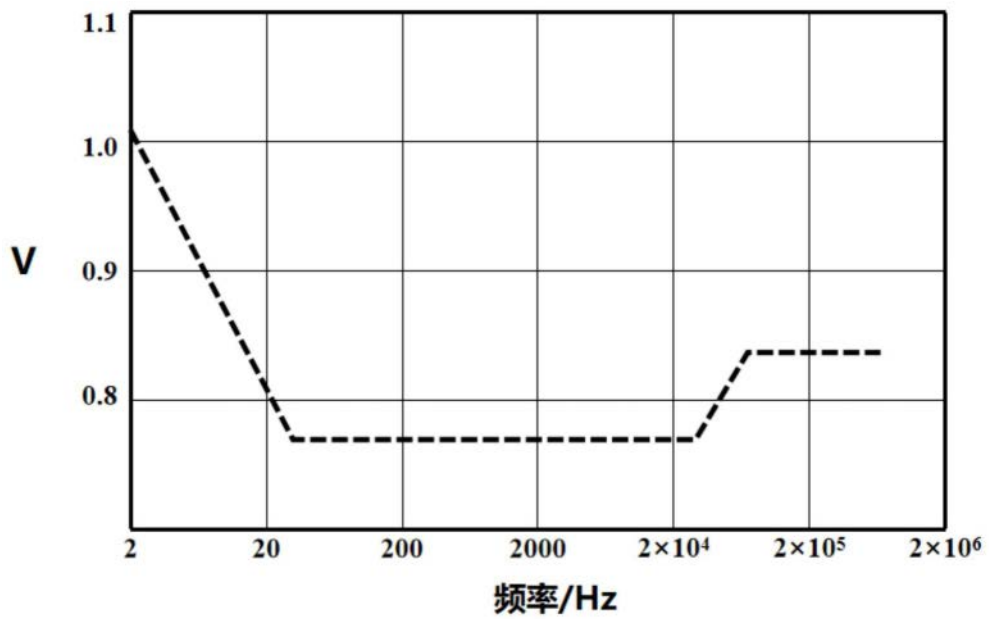


图3

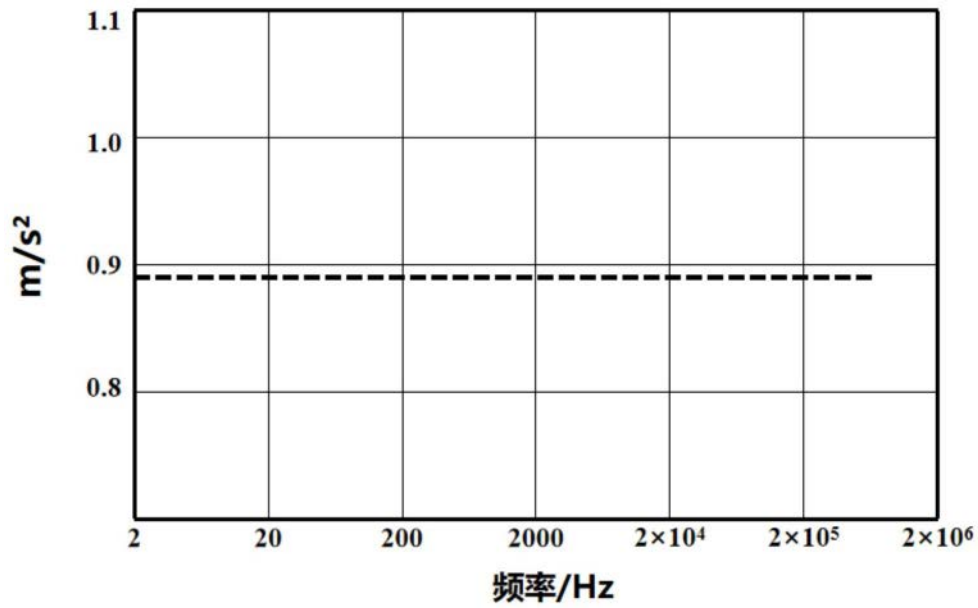


图4

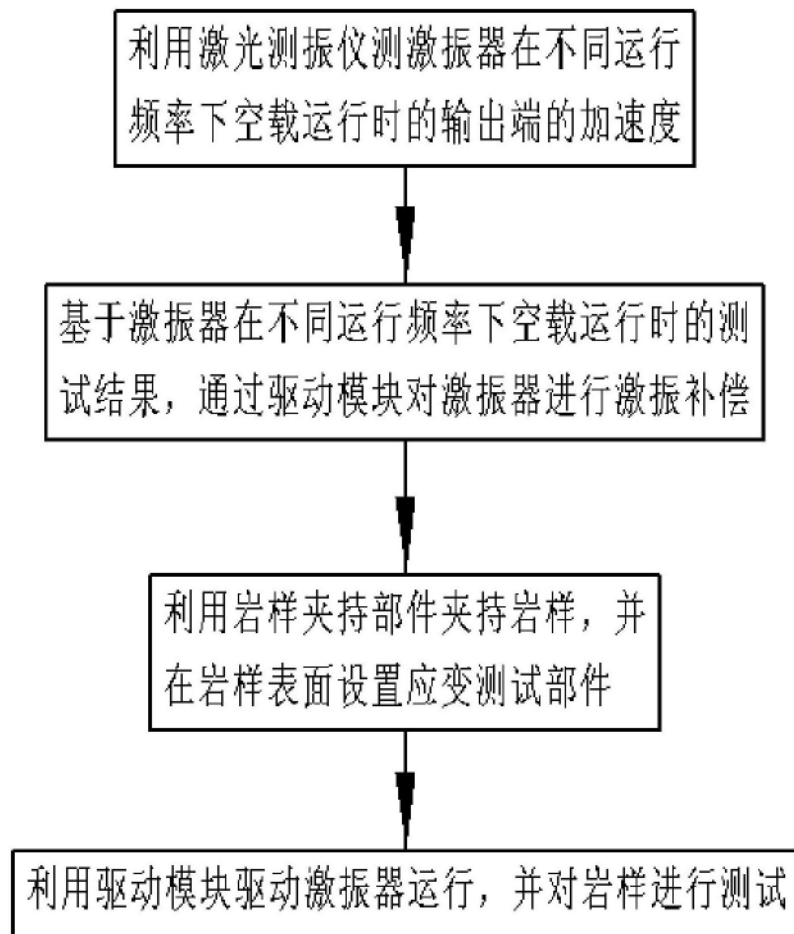


图5