



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111830137 B

(45) 授权公告日 2023. 04. 18

(21) 申请号 202010717035.2

(22) 申请日 2020.07.23

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 111830137 A

(43) 申请公布日 2020.10.27

(73) 专利权人 中国舰船研究设计中心  
地址 430064 湖北省武汉市武昌区紫阳路  
268号

(72) 发明人 张文琦 陈德喜 杨燕 段永昌  
龚纯

(74) 专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限  
公司 42102  
专利代理师 胡建平 王杰

(51) Int. Cl.  
G01N 29/11 (2006.01)  
G01N 29/12 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 107421729 A, 2017.12.01

CN 104792877 A, 2015.07.22

CN 104897354 A, 2015.09.09

CN 106017833 A, 2016.10.12

CN 104020259 A, 2014.09.03

CN 102997872 A, 2013.03.27

CN 101311702 A, 2008.11.26

US 2012227491 A1, 2012.09.13

US 2019310364 A1, 2019.10.10

US 4488240 A, 1984.12.11

US 8291750 B1, 2012.10.23

王杰. 基于非线性微振动流体阻尼隔振器的  
Octo-strut隔振平台的动力学特性研究.《应用  
力学学报》. 2020,

审查员 蒋栗

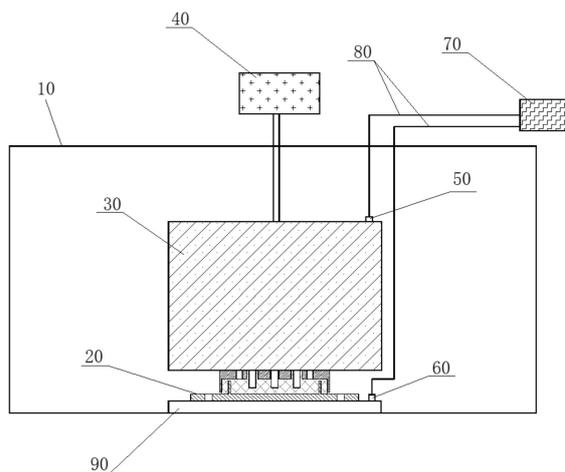
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

## (54) 发明名称

一种隔振器水下隔振效果测试系统及评估  
方法

## (57) 摘要

本发明涉及一种隔振器水下隔振效果测试  
系统及评估方法, 测试系统包括水箱、隔振器、质  
量块、激振器、S1加速度传感器、S2加速度传感器  
和数据采集分析仪; 水箱模拟水下环境; 隔振器  
固定于水箱底部; 质量块安装于隔振器上面以模  
拟声基阵的质量, 激振器安装于质量块上方发出  
激励信号, S1加速度传感器获取质量块的输入响  
应加速度信号; S2加速度传感器获取隔振器的输  
出响应加速度信号; 数据采集分析仪与两个加速  
度传感器连接, 对加速度响应信号进行低通数字  
滤波。本发明模拟实际安装环境, 通过搭建水下  
环境中的大型声基阵质量弹簧系统, 获得在一定  
频段内激励输入点处传感器加速度和经隔振器  
后的传感器加速度, 通过计算得到不同工作频段  
下的隔振效果。



1. 一种隔振器水下隔振效果评估方法,其特征在于,包括以下步骤:

SP1、搭建隔振器水下隔振效果测试系统;所述隔振器水下隔振效果测试系统包括水箱、隔振器、质量块、激振器、S1加速度传感器、S2加速度传感器和数据采集分析仪;所述水箱内装有水,用于模拟水下环境;所述隔振器为被测试设备,隔振器固定安装于所述水箱底部;所述质量块安装于所述隔振器上面,使隔振器处于压缩状态,质量块用于模拟声基阵的质量,质量块整体浸没于水中;所述激振器安装于所述质量块上方,用于发出一定工作频段的激励信号,激励信号作用于质量块,模拟声基阵振动;所述S1加速度传感器安装于所述质量块上、靠近激振器处,用于获取所述质量块的输入响应加速度信号;所述S2加速度传感器安装于所述水箱底板上、靠近隔振器处,用于获取所述隔振器的输出响应加速度信号;所述数据采集分析仪与两个加速度传感器连接,对加速度响应信号进行低通数字滤波;

SP2、测量加速度传感器响应信号;

SP3、隔振效果计算评估

隔振器水下隔振效果计算方法:

激励输入点处S1加速度传感器响应加速度关于频率的积分为:

$$P_A = \int_{f_0}^{f_1} A_0(f)df \quad (1)$$

式中, $P_A$ 为S1加速度传感器响应加速度, $A_0$ 为原点频响, $f$ 为频率, $f_0, f_1$ 分别为计算起始频率和截止频率;

水箱底板上S2加速度传感器响应加速度关于频率的积分为:

$$P_B = \int_{f_0}^{f_1} B_0(f)df \quad (2)$$

式中, $P_B$ 为S2加速度传感器响应加速度, $B_0$ 为水箱底板上加速度频响, $f$ 为频率, $f_0, f_1$ 分别为起始频率和截止频率;

则基座原点隔振效果表示为:

$$\beta = 20\lg\left(\frac{P_B}{P_A}\right)\text{dB} \quad (3)$$

式中, $\beta$ 表示基座原点隔振效果,dB表示分贝;

通过MATLAB软件编辑实现公式(1)(2)(3)的隔振器隔振效果计算程序,将上一步数据采集分析仪获取的传感器响应加速度导入到MATLAB计算程序中,分别计算得到当前工作频段范围内的隔振效果。

2. 根据权利要求1所述的隔振器水下隔振效果评估方法,其特征在于,步骤S2具体包括以下步骤:

SP2.1、设置数据采集分析仪的参数:根据声基阵的工作频段,设置能覆盖该工作频段的采样频率;根据要求的测量精度,设置频率分辨率和采样时长;

SP2.2、使用激振器输出要求频率段的激励信号,用数据采集分析仪采集2个加速度传感器响应信号,得到质量块的输入响应加速度和隔振器上的输出响应加速度。

3. 根据权利要求1所述的隔振器水下隔振效果评估方法,其特征在于,步骤SP3之后,对试验结果进行n次数值平均,以消除外界干扰的影响。

4. 根据权利要求1所述的隔振器水下隔振效果评估方法,其特征在于,单个隔振器构建的质量系统的质量块质量 $W$ 根据大型声基阵总载荷 $L$ ,承担大型声基阵的隔振器数量 $n$ 确定, $W=L/n$ 。

5. 根据权利要求4所述的隔振器水下隔振效果评估方法,其特征在于,所述激振器的量程根据声基阵工作频段 $F1\sim F2$ 和 $F3\sim F4$ 以及被激励质量块的质量 $W$ 确定,选择能保证测量结果的信噪高于背景噪声10-15dB的激振器。

6. 根据权利要求5所述的隔振器水下隔振效果评估方法,其特征在于,加速度传感器根据所述激振器的振动量级确定,选用量程涵盖测量范围,灵敏度达到测量信噪比的加速度传感器。

7. 根据权利要求1所述的隔振器水下隔振效果评估方法,其特征在于,所述测试系统还包括安装板,所述隔振器通过所述安装板固定在所述水箱底部,所述S2加速度传感器安装于所述安装板上。

8. 根据权利要求1所述的隔振器水下隔振效果评估方法,其特征在于,所述激振器通过顶杆安装于所述质量块中心轴处。

## 一种隔振器水下隔振效果测试系统及评估方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及减振降噪技术领域,具体涉及一种模拟安装环境的单隔振器水下隔振效果测量系统和隔振效果评估方法。

### 背景技术

[0002] 声基阵主要承担舰船等平台的目标检测、定位、跟踪、识别和水声通信等任务,其性能与声纳技术、总体布置、平台噪声等因素密切相关。某声纳为我国首次应用,为一种新型大型声基阵,频率范围较宽,阵列阵型不规则,载荷较大,该阵的安装对振动基频、谐振频率、摆动幅度和隔振效果上都有严格的要求,因此首次提出了隔振器的隔振效果要求。该隔振效果要求较高,为确保大型声基阵安装后有效隔离平台振动噪声和满足上述要求,亟需设计一套有效的测试系统和检测试验方法,验证隔振器隔振性能。

[0003] 隔振效果为舰船平台声基阵首次提出的性能指标,受隔振器承载载荷、橡胶硬度等影响,综合反映了隔振器性能,因此需解决下述技术问题:

[0004] 1) 需实现实艇环境下的隔振系统搭建,即需模拟隔振系统、安装环境;同时,因空气和水下隔振性能差异较大,还需模拟出水下环境;

[0005] 2) 需根据新型声基阵特性和平台特性,选取合适的激励源、加速度传感器,建立合理的隔振响应测试系统;

[0006] 3) 需结合实测数据和理论,形成隔振效果计算方法,有效评估隔振性能能否达标。

### 发明内容

[0007] 本发明要解决的技术问题在于针对上述现有技术存在的空白,提供一种隔振器水下隔振效果测试系统及评估方法,它结合隔振器的实际工作环境,搭建水箱条件下的模拟试验平台,能够准确获得不同频段内的隔振效果,指导隔振器的研制和用于产品检验。

[0008] 本发明为解决上述提出的技术问题所采用的技术方案为:

[0009] 一种隔振器水下隔振效果测试系统,包括水箱、隔振器、质量块、激振器、S1加速度传感器、S2加速度传感器和数据采集分析仪;

[0010] 所述水箱内装有水,用于模拟水下环境;所述隔振器为被测试设备,隔振器固定安装于所述水箱底部;所述质量块安装于所述隔振器上面,使隔振器处于压缩状态,质量块用于模拟声基阵的质量,质量块整体浸没于水中;所述激振器安装于所述质量块上方,用于发出一定工作频段的激励信号,激励信号作用于质量块,模拟声基阵振动;所述S1加速度传感器安装于所述质量块上、靠近激振器处,用于获取所述质量块的输入响应加速度信号;所述S2加速度传感器安装于所述水箱底板上、靠近隔振器处,用于获取所述隔振器的输出响应加速度信号;所述数据采集分析仪与两个加速度传感器连接,对加速度响应信号进行低通数字滤波。

[0011] 上述方案中,单个隔振器构建的质量系统的质量块质量 $W$ 根据大型声基阵总载荷 $L$ ,承担大型声基阵的隔振器数量 $n$ 确定, $W=L/n$ 。

[0012] 上述方案中,所述激振器的量程根据声基阵工作频段F1~F2和F3~F4以及被激励质量块的质量W确定,选择能保证测量结果的信噪高于背景噪声10-15dB的激振器。

[0013] 上述方案中,加速度传感器根据所述激振器的振动量级确定,选用量程涵盖测量范围,灵敏度达到测量信噪比的加速度传感器。

[0014] 上述方案中,所述测试系统还包括安装板,所述隔振器通过所述安装板固定在所述水箱底部,所述S2加速度传感器安装于所述安装板上。

[0015] 上述方案中,所述激振器通过顶杆安装于所述质量块中心轴处。

[0016] 相应的,本发明还提出一种隔振器水下隔振效果评估方法,包括以下步骤:

[0017] SP1、搭建权利要求1所述的隔振器水下隔振效果测试系统;

[0018] SP2、测量加速度传感器响应信号;

[0019] SP3、隔振效果计算评估

[0020] 隔振器水下隔振效果计算方法:

[0021] 激励输入点处S1加速度传感器响应加速度关于频率的积分为:

$$[0022] \quad P_A = \int_{f_0}^{f_1} A_0(f)df \quad (1)$$

[0023] 式中, $P_A$ 为S1加速度传感器响应加速度, $A_0$ 为原点频响, $f_0, f_1$ 分别为计算起始频率和截止频率;

[0024] 水箱底板上S2加速度传感器响应加速度关于频率的积分为:

$$[0025] \quad P_B = \int_{f_0}^{f_1} B_0(f)df \quad (2)$$

[0026] 式中, $P_B$ 为S2加速度传感器响应加速度, $B_0$ 为水箱底板上加速度频响, $f_0, f_1$ 分别为起始频率和截止频率;

[0027] 则基座原点隔振效果可以表示为:

$$[0028] \quad \beta = 20\lg\left(\frac{P_B}{P_A}\right)\text{dB} \quad (3)$$

[0029] 式中,dB表示分贝;

[0030] 通过MATLAB软件编辑实现公式(1)(2)(3)的隔振器隔振效果计算程序,将上一步数据采集分析仪获取的传感器响应加速度导入到MATLAB计算程序中,分别计算得到当前工作频段范围内的隔振效果。

[0031] 上述方法中,步骤S2具体包括以下步骤:

[0032] SP2.1、设置数据采集分析仪的参数:根据声基阵的工作频段,设置能覆盖该工作频段的采样频率;根据要求的测量精度,设置频率分辨率和采样时长;

[0033] SP2.2、使用激振器输出要求频率段的激励信号,用数据采集分析仪采集2个加速度传感器响应信号,得到质量块的输入响应加速度和隔振器上的输出响应加速度。

[0034] 上述方法中,步骤SP3之后,对试验结果进行n次数值平均,以消除外界干扰的影响。

[0035] 本发明的有益效果在于:

[0036] 本发明提出的隔振器水下隔振效果测试系统及评估方法,模拟实际安装环境,通过搭建水下环境中的大型声基阵质量弹簧系统,获得在一定频段内激励输入点处传感器加

速度和经隔振器后的传感器加速度,通过计算得到不同工作频段下的隔振效果。可用于舰船等平台的大型声基阵隔振效果分析,检验隔振器性能,指导大型声基阵隔振器的设计优化。

### 附图说明

[0037] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明,附图中:

[0038] 图1是本发明隔振器水下隔振效果测试系统的结构图;

[0039] 图2是本发明频段F1~F2的加速度传感器响应信号;

[0040] 图3是本发明频段F3~F4的加速度传感器响应信号。

[0041] 图中:10、水箱;20、隔振器;30、质量块;40、激振器;50、S1加速度传感器;60、S2加速度传感器;70、数据采集分析仪;80、水密缆线;90、安装板。

### 具体实施方式

[0042] 为了对本发明的技术特征、目的和效果有更加清楚的理解,现对照附图详细说明本发明的具体实施方式。

[0043] 如图1所示,为本发明提供的一种隔振器水下隔振效果测试系统,包括水箱10、隔振器20、质量块30、激振器40、S1加速度传感器50、S2加速度传感器60和数据采集分析仪70。水箱10内装有自来水,用于模拟水下环境。隔振器20为被测试设备,为大型声基阵隔振器20,其上端面通过螺栓螺杆固定一定吨位的质量块30模拟大型声基阵的质量,其下端面通过安装螺栓与水箱10底板上的安装板90连接,在水箱10中注水至完全淹没质量块30,由此构成一个质量弹簧系统。激振器40通过顶杆垂直安装于质量块30中心轴上方,用于发出一定工作频段的白噪声激励信号,激励信号作用于质量块30,模拟声基阵振动。整个测试系统的安装方式及承载方向均为竖直状态。S1加速度传感器50安装于质量块30上、靠近激振器40处,用于获取质量块30的输入响应加速度信号。S2加速度传感器60安装于水箱10底板上、靠近隔振器20处,用于获取隔振器20的输出响应加速度信号。数据采集分析仪70通过水密缆线80分别与两个加速度传感器连接,对加速度响应信号进行低通数字滤波。

[0044] 本发明测试系统中,根据大型声基阵总载荷L,承担大型声基阵的隔振器20数量n,确定单个隔振器20构建的质量系统的质量块30质量 $W, W=L/n$ 。根据声基阵工作频段F1~F2和F3~F4以及被激励质量块30的质量W,选取量程能够保证测量结果的信噪比高于背景噪声10-15dB的激振器40;根据激振器40的振动量级,选取量程涵盖测量范围、灵敏度达到测量信噪比的加速度传感器,采用数据采集分析仪70进行数据采集。

[0045] 进一步优化,两个加速度传感器浸水部分设计相应水密结构保证加速度传感器和同轴电缆水密。

[0046] 相应的,本发明还提出一种隔振器20水下隔振效果评估方法,具体包括以下步骤:

[0047] SP1、搭建测试系统

[0048] 基于上述隔振器20水下隔振效果测试系统,根据实际装船环境,搭建隔振器20水下环境质量弹簧系统,使水箱10中的水浸没质量块30,并保证传感器和电缆水密。

[0049] SP2、测量加速度传感器响应信号

[0050] 具体包括以下步骤:

[0051] SP2.1、设置数据采集分析仪70的参数：根据大型声基阵的工作频段，设置能覆盖该工作频段的采样频率；根据要求的测量精度，设置频率分辨率和采样时长。

[0052] SP2.2、使用激振器40输出要求频率段F1~F2(或F3~F4)的白噪声激励信号，用数据采集分析仪70采集2个加速度传感器响应信号，得到质量块30的输入响应加速度和隔振器20上的输出响应加速度，可绘制成图2、图3所示的在不同频段下的加速度响应图，图中，输入为一定频段内激励输入点处传感器加速度，输出为一定频段内经隔振器后的传感器加速度。

[0053] SP3、隔振效果计算评估

[0054] 隔振器20水下隔振效果计算方法：

[0055] 激励输入点处S1加速度传感器50响应加速度关于频率的积分为：

$$[0056] \quad P_A = \int_{f_0}^{f_1} A_0(f)df \quad (1)$$

[0057] 式中， $P_A$ 为S1加速度传感器50响应加速度， $A_0$ 为原点频响， $f_0, f_1$ 分别为计算起始频率和截止频率；

[0058] 水箱10底板上S2加速度传感器60响应加速度关于频率的积分为：

$$[0059] \quad P_B = \int_{f_0}^{f_1} B_0(f)df \quad (2)$$

[0060] 式中， $P_B$ 为S2加速度传感器60响应加速度， $B_0$ 为水箱10底板上加速度频响， $f_0, f_1$ 分别为起始频率和截止频率；

[0061] 则基座原点隔振效果可以表示为：

$$[0062] \quad \beta = 20\lg\left(\frac{P_B}{P_A}\right)\text{dB} \quad (3)$$

[0063] 式中，dB表示分贝；

[0064] 通过MATLAB软件编辑实现公式(1)(2)(3)的隔振器20隔振效果计算程序，将上一步数据采集分析仪70获取的传感器响应加速度导入到MATLAB计算程序中，分别计算得到当前2个工作频段范围内的隔振效果。对试验结果进行8次数值平均，以消除外界干扰的影响。

[0065] 上面结合附图对本发明的实施例进行了描述，但是本发明并不局限于上述的具体实施方式，上述的具体实施方式仅仅是示意性的，而不是限制性的，本领域的普通技术人员在本发明的启示下，在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下，还可做出很多形式，这些均属于本发明的保护之内。

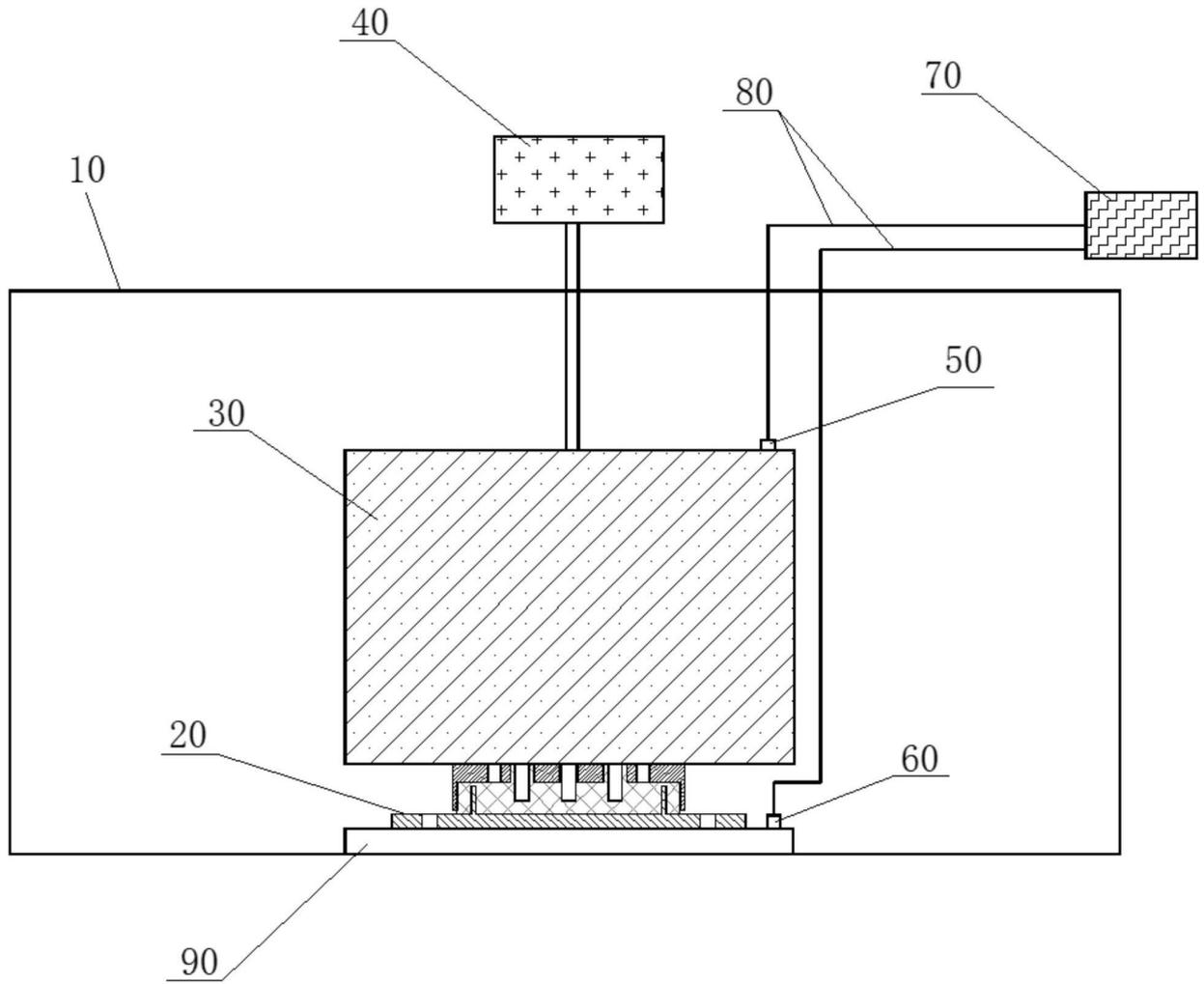


图1

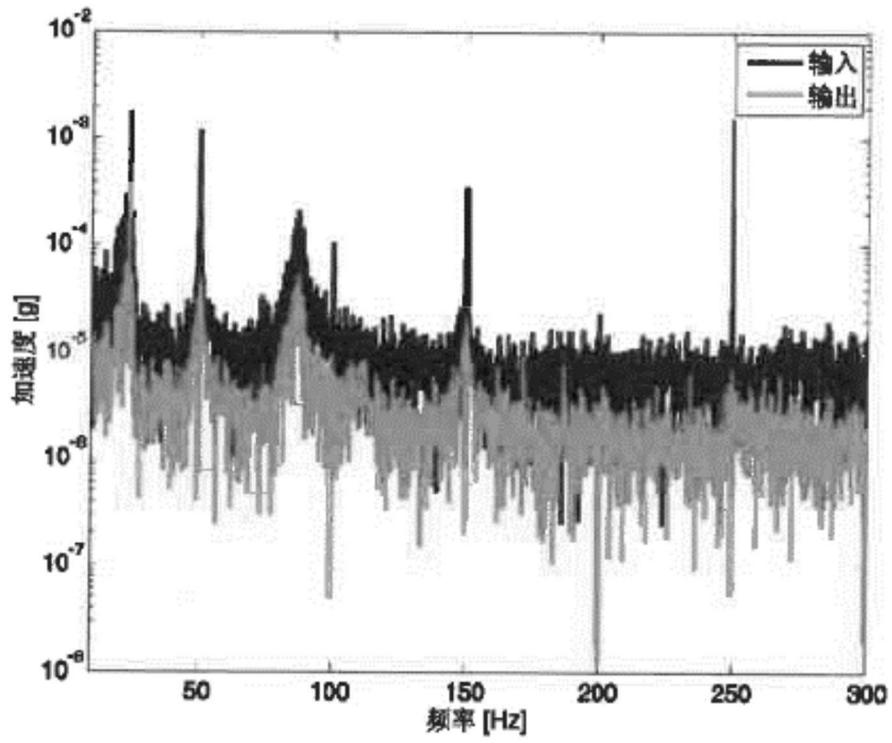


图2

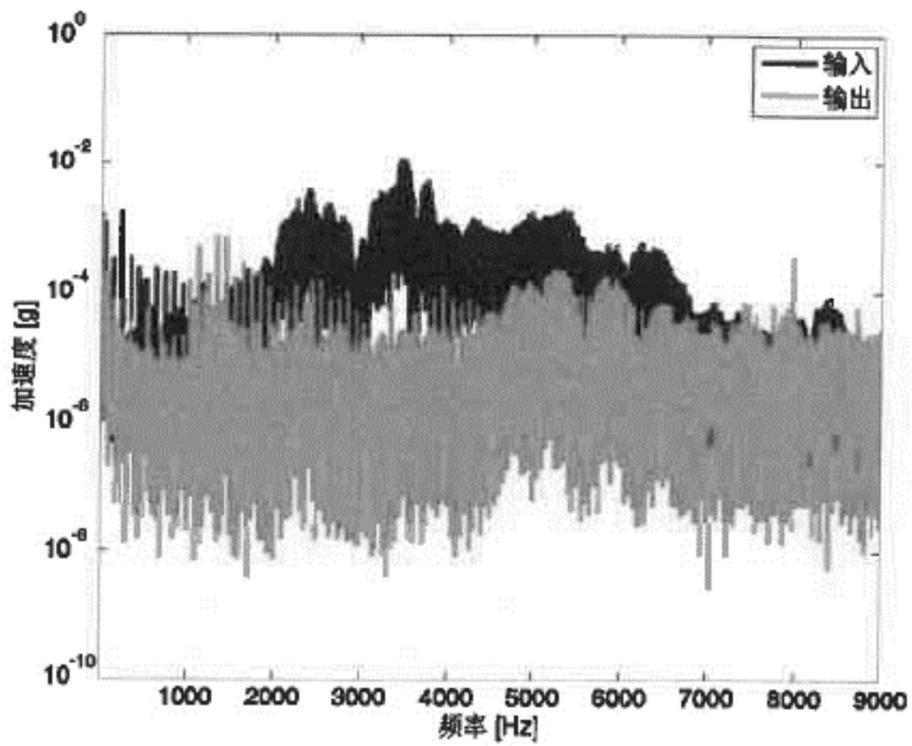


图3