



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115116419 A

(43) 申请公布日 2022. 09. 27

(21) 申请号 202210753664.X

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2022.06.29

G10K 11/162 (2006.01)

(71) 申请人 国网陕西省电力有限公司电力科学研究院

地址 710054 陕西省西安市国家民用航天
产业基地航天中路669号

申请人 国网(西安)环保技术中心有限公司

(72) 发明人 赵亚林 周杰 肖和业 马建刚
王绿 杨彬 申晨 吴健 白晓春
耿明昕 王辰曦 唐露甜 樊创
景龔 刘新江 杨涵杰 潘晓彤
鞠学良 王育佳

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任
公司 61200

专利代理师 贺小停

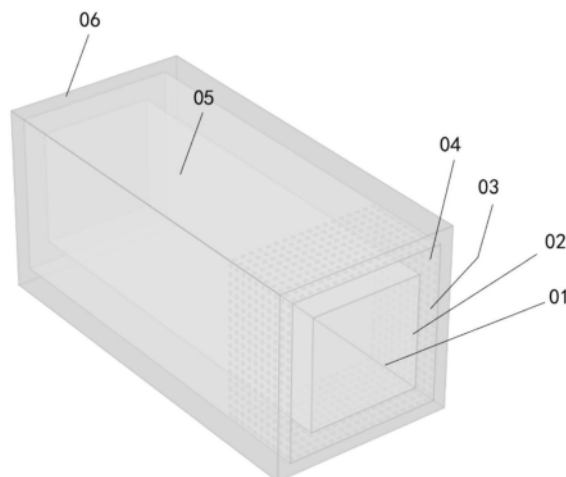
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于多孔材料的声学超结构消声器及其使用方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于多孔材料的声学超结构消声器及其使用方法,包括一个或多个消声结构,当为多个消声结构时,多个消声结构采用串联方式连接;所述消声结构包括外壁末端具有均匀开孔的穿孔板、隔框;所述外壁末端具有均匀开孔的穿孔板位于管道内部;所述隔框连接在所述管道的一侧;所述外壁末端具有均匀开孔的穿孔板、所述管道与所述隔框围成有吸声背腔。本发明不仅具备良好的高频吸声性能,还兼有较好的消声器低频性能,吸声工作频率更宽,且对于多谐频噪声一样适用,同时将多孔材料与声学超结构结合,分别在高、低频进行融合性吸声的降噪方法为解决管道降噪提供了一种新思路。



1. 一种基于多孔材料的声学超结构消声器,其特征在于,包括一个或多个消声结构,当为多个消声结构时,多个消声结构采用串联方式连接;

所述消声结构包括隔框(06)和外壁末端具有均匀开孔的穿孔板(04);所述外壁末端具有均匀开孔的穿孔板(04)位于管道(05)内部;所述隔框(06)连接在所述管道(05)的一侧;

所述外壁末端具有均匀开孔的穿孔板(04)、所述管道(05)与所述隔框(06)围成有吸声背腔。

2. 根据权利要求1所述的一种基于多孔材料的声学超结构消声器,其特征在于,所述外壁末端具有均匀开孔的穿孔板(04)内部为空腔结构,空腔结构内部设有穿孔板(02),在所述外壁末端具有均匀开孔的穿孔板(04)与穿孔板(02)之间填充有多孔泡沫(03)。

3. 根据权利要求2所述的一种基于多孔材料的声学超结构消声器,其特征在于,所述穿孔板(02)内部为空腔结构,所述穿孔板(02)内部的空腔结构形成供气体通过的空气流道(01)。

4. 根据权利要求3所述的一种基于多孔材料的声学超结构消声器,其特征在于,所述空气流道(01)的截面形状为方形或圆形。

5. 根据权利要求2所述的一种基于多孔材料的声学超结构消声器,其特征在于,所述多孔泡沫(03)采用吸声材料,其截面形状为环形。

6. 根据权利要求5所述的一种基于多孔材料的声学超结构消声器,其特征在于,所述多孔泡沫(03)具有多个由表及里相互贯通的孔。

7. 根据权利要求1所述的一种基于多孔材料的声学超结构消声器,其特征在于,所述外壁末端具有均匀开孔的穿孔板(04)由刚性材料采用一端冲孔方式制成。

8. 根据权利要求1所述的一种基于多孔材料的声学超结构消声器,其特征在于,所述吸声背腔的截面形状为环形。

9. 根据权利要求1所述的一种基于多孔材料的声学超结构消声器,其特征在于,所述隔框(06)与所述管道(05)的连接方式为铆接。

10. 一种基于多孔材料的声学超结构消声器的使用方法,其特征在于,基于权利要求1-9任一项所述的一种基于多孔材料的声学超结构消声器,包括步骤如下:

依据管道内的噪声频率确定消声结构的长度、使用个数及厚度,将确定好的消声结构安装在待作消声处理的管道内,当噪声通过空气流道后,消声结构吸收中低频噪声,通过改变消声结构的长度、使用个数及厚度,进行多峰值消声或宽频消声。

一种基于多孔材料的声学超结构消声器及其使用方法

技术领域

[0001] 本发明涉及管道消声降噪领域,具体涉及一种基于多孔材料的声学超结构消声器及其使用方法。

背景技术

[0002] 在许多大型设备工作时,会产生机械噪声和空气动力噪声,其中包括大量的低频噪声。低频噪声由于波长较长,衰减率低,传播距离较远且穿透率强,因此在噪声控制时比高频更难。多孔材料作为降噪工程中最为常用的隔热隔声材料,然而无论是传统多孔材料玻璃纤维棉还是新型泡沫材料三聚氰胺,其吸声性能主要表现在高频部分,对中低频声波吸收效果不明显,因此,阻性消声器在低频阶段的消声性能有待提高。近年来,声学超构材料的发展以及声学超结构设计为解决低频噪声污染提供了一种新的解决途径。

[0003] 声学超结构是由人工设计的具有亚波长厚度的单元结构,能够实现自然界普通材料不具有的性质,如负等效质量密度、负弹性模量、双负性质、负折射率、近零折射率等。在结构上声学超结构表面多呈周期性排列,可实现对声波的反射声场控制、吸声降噪以及声波传输调控。对于声学超构材料而言,虽然其可以通过人为设计对低频噪声具有优异的低频降噪能力,但其主要表现基本都是单频吸声,结构相对复杂,很难单单通过超结构得到宽频的吸声效果。而多孔材料具有宽频的中高频噪声吸收效果,因此,通过将声学超结构与多孔材料的融合设计,在宽频带内提高消声器的吸声性能就成为了一项可以实现的工程,且意义重大。不仅如此,当前对低频吸声超构材料在消声器的降噪使用研究较少,结合声学超结构和多孔材料以替代传统阻性消声器的纯泡沫结构,对提高消声器的消声带宽、消声幅值及低频吸声效果就显得更为重要。

发明内容

[0004] 为了提升现有管道消声器低频段的噪声吸收效果,本发明基于多孔材料的消声器在高频吸声性能良好的特点,在其结构中融入声学超材料结构,针对低频的噪声提升吸声效果,以达到宽频带吸声降噪的目标。本发明相对于一般管道消声器来说,不仅具备良好的高频吸声性能,还兼有较好的消声器低频性能,吸声工作频率更宽,且对于多谐频噪声一样适用,同时将多孔材料与声学超结构结合,分别在高、低频进行融合性吸声的降噪方法为解决管道降噪提供了一种新思路。

[0005] 为了达到以上目的,本发明采用如下技术方案:

[0006] 一种基于多孔材料的声学超结构消声器,包括一个或多个消声结构,当为多个消声结构时,多个消声结构采用串联方式连接;

[0007] 所述消声结构包括隔框和外壁末端具有均匀开孔的穿孔板;所述外壁末端具有均匀开孔的穿孔板位于管道内部;所述隔框连接在所述管道的一侧;

[0008] 所述外壁末端具有均匀开孔的穿孔板、所述管道与所述隔框围成有吸声背腔。

[0009] 进一步地,所述外壁末端具有均匀开孔的穿孔板内部为空腔结构,空腔结构内部

设有穿孔板,在所述外壁末端具有均匀开孔的穿孔板与穿孔板之间填充有多孔泡沫。

[0010] 进一步地,所述穿孔板内部为空腔结构,所述穿孔板内部的空腔结构形成供气体通过的空气流道。

[0011] 进一步地,所述空气流道的截面形状为方形或圆形。

[0012] 进一步地,所述多孔泡沫采用吸声材料,其截面形状为环形。

[0013] 进一步地,所述多孔泡沫具有多个由表及里相互贯通的孔。

[0014] 进一步地,所述外壁末端具有均匀开孔的穿孔板由刚性材料采用一端冲孔方式制成。

[0015] 进一步地,所述吸声背腔的截面形状为环形。

[0016] 进一步地,所述隔框与所述管道的连接方式为铆接。

[0017] 一种基于多孔材料的声学超结构消声器的使用方法,包括步骤如下:

[0018] 依据管道内的噪声频率确定消声结构的长度、使用个数及厚度,将确定好的消声结构安装在待作消声处理的管道内,当噪声通过空气流道后,消声结构吸收中低频噪声,通过改变消声结构的长度、使用个数及厚度,进行多峰值消声或宽频消声。

[0019] 相比现有技术,本发明具有如下有益效果:

[0020] 本发明所提供的一种基于多孔材料的声学超结构消声器,具有低频吸声效果好,吸声频带宽的特点。同时,针对性地提高了消声器低频性能,工作频率宽;可以根据管道实际大小及降噪量对吸声模块数量、吸声背腔的厚度与多孔泡沫厚度进行组合调整,达到目标要求;可以适用于变电站、燃气轮机、航空发动机试车台、矿山、隧道、地铁、建筑风道等大风量系统中;

[0021] 进一步地,本发明将穿孔板制成空腔结构,并将空气流道的截面形状设置为方形或圆形,可供气流平稳通过消声器,提高降噪效果。

[0022] 进一步地,本发明采用由三聚氰胺、玻璃纤维棉制成的多孔泡沫,可提高对于中高频噪声的吸收效果。

[0023] 进一步地,本发明通过铆接的方式将隔框与管道连接,可提高消声器内部结构的稳定性。

[0024] 本发明还提供一种基于多孔材料的声学超结构消声器的使用方法,首先确定目标噪声的频率范围,针对噪声的频率采取不同措施:对于中高频噪声,内部夹层泡沫可以进行几乎完美的吸收;对于中低频噪声,选择其主要分布的峰值频率,根据所选择的频率对消声结构即吸声背腔长度进行计算,得到的结构可以用于吸收该频率的噪声;对于存在多个峰值频率或存在宽频的噪声,可以将多个腔体进行组合,进行多峰值的消声或者宽频消声,相对于一般管道消声器来说,不仅具备良好的高频吸声性能,还兼有较好的消声器低频性能,吸声工作频率更宽,可适用于多谐频噪声。

附图说明

[0025] 图1为本发明实施例提供的基于多孔材料的声学超结构消声器的结构示意图;

[0026] 图2为本发明实施例提供的基于多孔材料的声学超结构消声器的截面剖视图;

[0027] 图3为本发明实施例的仿真结构示意图;

[0028] 图4为本发明实施例的只有消声腔TL曲线图;

[0029] 图5为本发明实施例阻性消声器与加入吸声空腔后消声器的TL曲线图。

[0030] 附图标记：

[0031] 空气流道-01；穿孔板-02；多孔泡沫-03；外壁末端具有均匀开孔的穿孔板-04；管道-05；隔框-06。

具体实施方式

[0032] 本发明一种基于多孔材料的声学超结构消声器，包括一个或多个消声结构，当为多个消声结构时，多个消声结构采用串联方式连接；消声结构位于所述管道05内部的外壁末端具有均匀开孔的穿孔板04和连接在管道05的一侧的隔框06；

[0033] 消声结构还包括吸声背腔，所述吸声背腔由所述外壁末端具有均匀开孔的穿孔板04、所述管道05与所述隔框06围成。

[0034] 本发明还提出一种基于多孔材料的声学超结构消声器的使用方法，基于上述基于多孔材料的声学超结构消声器，包括步骤如下：

[0035] S1：依据管道内的噪声频率确定消声结构的长度、使用个数及厚度；

[0036] S2：将确定好的消声结构安装在待作消声处理的管道内。

[0037] S3：当噪声通过空气流道后，消声结构吸收中低频噪声，通过改变消声结构的长度、使用个数及厚度，进行多峰值消声或宽频消声。

[0038] 为了详细说明本发明的技术内容、所实现目的及效果，以下结合实施方式及附图对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，所描述的实施例仅为本发明一部分的实施例，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，都应当属于本发明保护的范围。

[0039] 下面结合附图及实施例对本发明作进一步详细描述：

[0040] 实施例的整体结构示意图如图1所示，在管路中添加单个或多个声学超结构，这个结构由外壁末端具有均匀开孔的穿孔板04、管道05、隔框06组成，隔框06与外壁末端具有均匀开孔的穿孔板04未设置开孔的一端连接，根据所需降噪频率改变结构参数，使得消声器在工作频率与管路空气构成赫姆赫兹共振腔吸收器系统，提高了对管道声学降噪消声效果，其具体的实施方案如下：

[0041] 空气流道01的截面形状可以是方形、圆形、或其它合理形状均可，保证气流能平稳通过消声器即可，其材料为钢板或其它刚性材料采用冲孔形成，穿孔板02作为气流的通道，同时与外壁末端具有均匀开孔的穿孔板04共同组成多孔泡沫03的填充空间，外壁末端具有均匀开孔的穿孔板04由钢板或其它刚性材料采用一端冲孔形成，同时外壁末端具有均匀开孔的穿孔板04也作为吸声背腔的一个面，多孔泡沫03可以采用三聚氰胺、玻璃纤维棉等吸声材料，将其卷曲为环状填充即可，具体使用可以根据目标消声量，实际工况等方面考虑，管道05侧面设有隔框06起到支撑、吸声腔体侧板等作用，连接方式可以采用铆接。

[0042] 下面详细叙述消声器的工作原理。当噪声从管道05一端进入后，进入四周多孔泡沫03中，由于多孔泡沫03中有大量相互贯通由表及里的微孔，声进入材料内部空隙后会引起空气和材料纤维振动，造成空气和孔壁间的摩擦作用，紧靠孔壁和纤维表面的空气由于孔壁作用不易产生运动，因而这种摩擦作用与空气分子间的粘滞力作用使振动的动能转化为热能而使得声能的大部分转化为热能而耗散掉，但多孔材料（多孔泡沫03）对中低频的吸

收效果并不理想,于是在消声器结构中加入了声学超结构吸声腔(吸声背腔结构)用于中低频噪声的吸收,当噪声频率与吸声腔工作频率一致时,会使得流体中对应的噪声被吸收而不再振动,无法传到管路出口,起到消声降噪的作用。

[0043] 下面详细叙述噪声频率与消声器工作频率匹配的方法。由于填充的多孔材料对中高频的噪声吸声较好,消声器腔体主要针对中低频噪声,首先根据目标噪声的频率进行设计,根据所需要的工作频率,改变外壁末端具有均匀开孔的穿孔板04板厚,孔径,穿孔率和长度等结构参数,其中主导参数为外壁末端具有均匀开孔的穿孔板04的长度,长度确定了设计频率的基本情况,其余参数可以对设计频率进行调整,使得其能够吸收设计频率的噪声,控制特定频率的噪声传播,再根据需要达到的降噪量,添加多个同样的结构进行周期性排列,如果具有多个峰值噪声,可以将按照上述方法设计不同长度的消声器,再通过使用设计好的结构就能消除不同频率的噪声。如果噪声是宽频噪声,可以将宽频噪声看作多个峰值噪声叠加,再根据上述方法进行吸声腔的设计,即可完成声学超结构设计。

[0044] 在此采用有限元仿真软件COMSOL Multiphysics计算安装消声器后的传递损失(TL),其中管道05的截面尺寸为 $420\text{mm} \times 420\text{mm}$,长为 2700mm ,在管道05里面串联安装了两个吸声结构1与两个吸声结构2,其中,吸声结构1长度 L_1 为 900mm ,外壁末端具有均匀开孔的穿孔板04穿孔长度 L_2 为 200mm ,截面尺寸为 $380\text{mm} \times 380\text{mm}$,这就意味着吸声腔厚度 t_3 为 20mm ,在外壁末端具有均匀开孔的穿孔板04穿孔部分中,穿孔率 σ_2 为 25% ,孔径 d_2 为 2mm ,板厚 t_2 为 2mm ,穿孔板02的参数与外壁末端具有均匀开孔的穿孔板04一致,多孔泡沫03的截面形状是截面尺寸为 $380\text{mm} \times 380\text{mm}$ 的外壁末端具有均匀开孔的穿孔板04与截面尺寸为 $260\text{mm} \times 260\text{mm}$ 的穿孔板02夹层的环形,这意味着多孔泡沫的厚度 t_4 为 60mm 。同样的,吸声结构2除了与结构1在长度和外壁末端具有均匀开孔的穿孔板04上结构参数不一致,其余都一致,结构2长度为 450mm ,外壁末端具有均匀开孔的穿孔板04穿孔长度为 100mm ,其穿孔率、板厚、孔径与结构1均一致。为了准确模拟实际情况,在有限元分析时加入了模拟无限大空间区域的完美匹配层,充当一个几乎理想的吸收体。在有限元软件COMSOL中的模型如图3所示,图4为消声器结构在没有添加泡沫材料时的传输损失,即只有吸声腔的传输损失,可以看到消声器的两个结构,结构1与结构2的工作频率为 118Hz , 230Hz ,各自的TL分别可以达到 61.5Hz 、 41.0Hz 。图5为阻性消声器与加入吸声空腔后消声器的TL曲线,可以看到,在吸声腔的工作频率 118Hz , 230Hz 附近,包括在 $118\text{Hz} \sim 230\text{Hz}$ 之间,都有效提高了传声损失,最高可以达到 9dB 。在实际应用中,可以改变结构长度与一端开孔的穿孔板的结构参数,可以调整工作频率,根据实际情况,可以调整吸声腔厚度与泡沫厚度,达到解决所需要的降噪量最优方式,除此以外,还可以增加吸声结构用于增加降噪量。

[0045] 以上所述仅为本发明的实施例,并非因此限制本发明的专利范围,凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等同变换,或直接或间接运用在相关的技术领域,均同理包括在本发明的专利保护范围内。

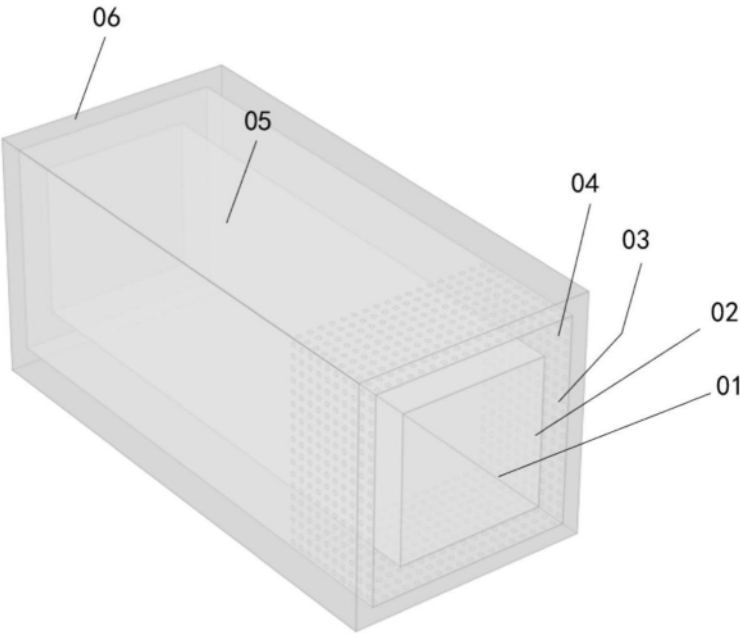


图1

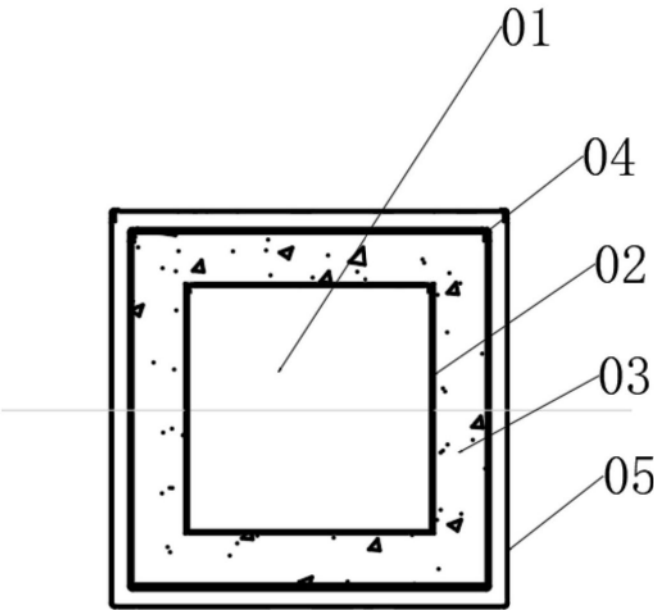


图2

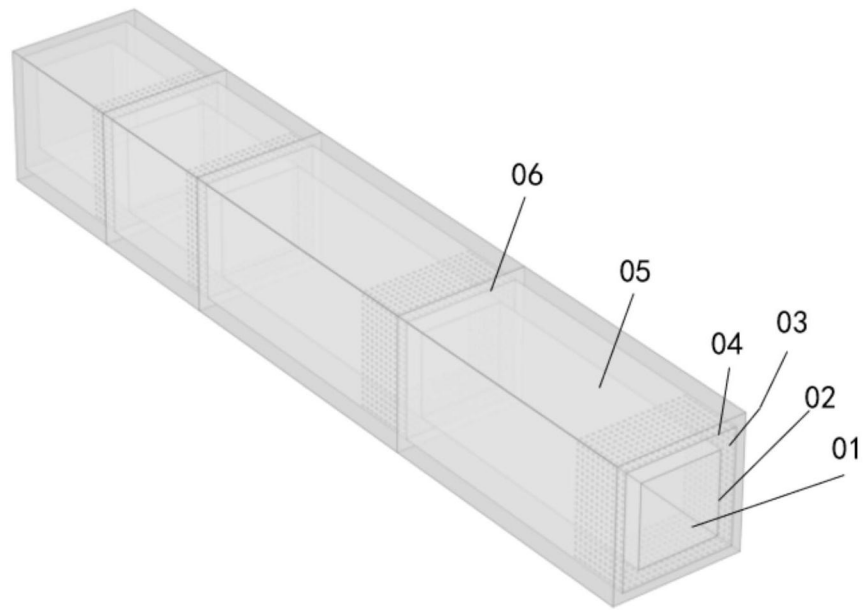


图3

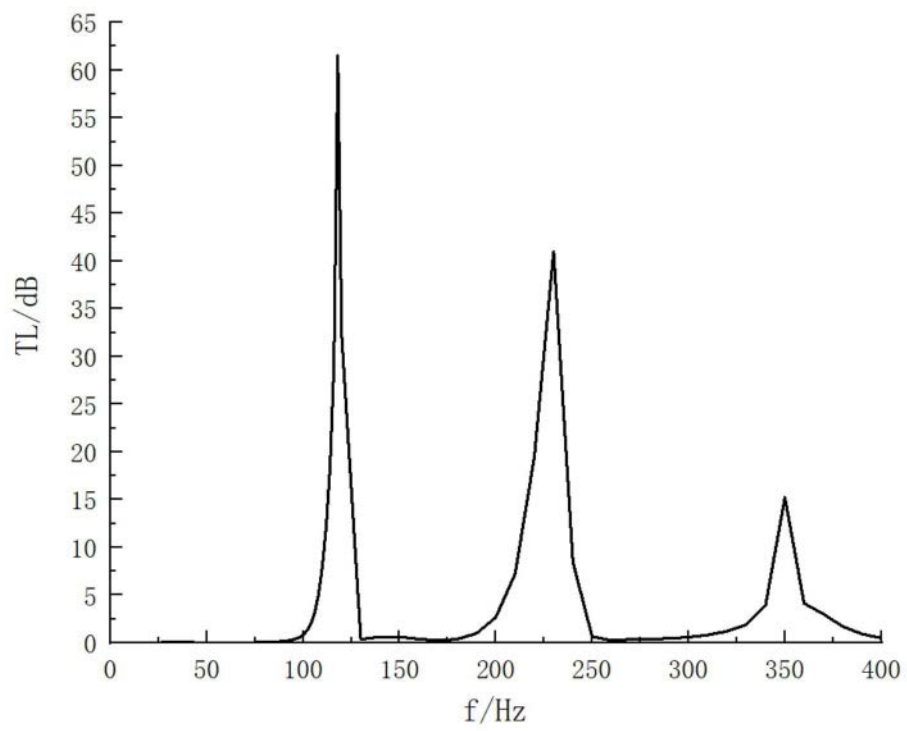


图4

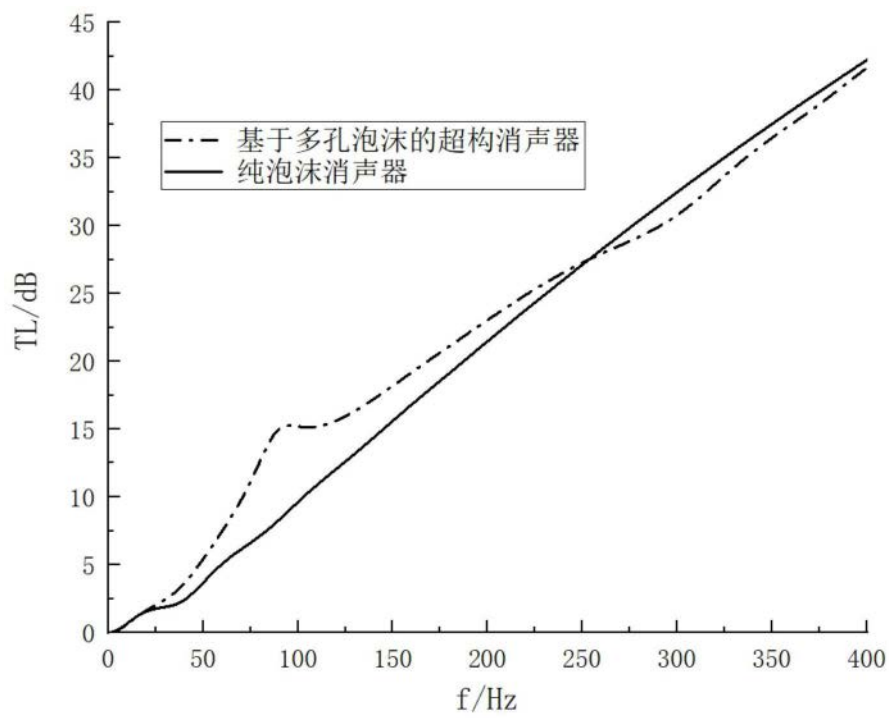


图5