(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 116403553 A
(43)申请公布日 2023.07.07

(21)申请号 202310375815.7

(22)申请日 2023.04.10

(71)申请人 湖南大学
地址 410082 湖南省长沙市岳麓区麓山南路1号湖南大学

(72)发明人 夏百战 刘建廷

(51)Int.Cl.
G10K 11/162(2006.01)

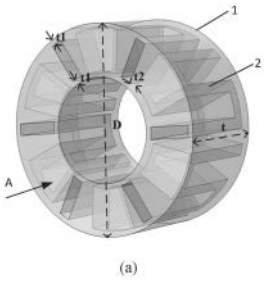
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

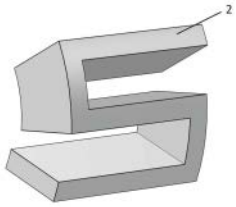
一种通风隔声环

(57)摘要

本发明属于声学超材料相关技术领域，具体地说，涉及一种具有空间盘绕结构的通风隔声环。所述隔声环主要由环形主管道和多个扇形空间盘绕结构夹层单元构成。具体结构为在环形管道的管壁中挖出多个空间盘绕结构夹层，这些空间盘绕结构夹层单元绕环形管道中心轴线呈圆周阵列分布。在亚波长尺寸上，与现有隔声结构相比，具有更小的尺寸，便于集成，在吸声和反射的共同作用下实现了低频宽带通风隔声功能。



(a)



(b)

CN 116403553 A

1.一种通风隔声环结构,其特征在于:所述通风隔声环结构,包括环形主管道和多个相互独立的空间盘绕结构夹层单元,多个所述空间盘绕结构夹层单元绕环形管道中心轴线呈圆周分布。

2.如权利要求1所述的通风隔声环结构,其特征在于:所述空间盘绕结构单元在盘绕管道入口、出口处分别通过环形主管道入射面、出射面与外界连通。

3.如权利要求1所述的通风隔声环结构,其特征在于:所述空间盘绕结构夹层单元的整体形状为扇形,空间盘绕结构夹层单元管道的路径形状为迷宫形,且其折叠次数n均大于等于4。

4.如权利要求3所述的通风隔声环结构,其特征在于:空间盘绕结构扇形的内外径分别与环形管道结构的内外径的距离为t1。

5.如权利要求3所述的通风隔声环结构,其特征在于:每个空间盘绕结构夹层单元的内环(即扇形窄部)相邻管道间的间距为t2。

一种通风隔声环

技术领域

[0001] 本发明属于声学超材料相关技术领域，具体地说，涉及一种具有空间盘绕结构的通风隔声环。

背景技术

[0002] 声学超材料是一种具有人工周期性结构的新型材料，拥有一些天然材料无法实现的超常物理特性，例如声场隐身、声吸收等，具有巨大的应用潜力。其中迷宫型声学超材料一直是研究的热点。迷宫型吸声结构是通过增加声波的传播路径的方式，增加声波在空气中的损耗，达到吸声的效果。

[0003] 传统的多孔吸声材料，表现出低能量密度，通常表现出低频声波的弱耗散。近年来，声学超材料利用亚波长厚度结构的局部共振实现的高能量密度，为中低频隔声提供了替代解决方案。在这方面已经提出了几种方法，例如法布里-佩罗(FP)谐振器，亥姆霍兹谐振器，微穿孔板(MPP)，薄膜谐振器和梯度指数结构。然而，基于局部共振的声学隔声单元体需要具有四分之一波长尺寸的复杂几何形状，并且带宽相对较窄。

[0004] 入射声波被限制在亚波长横截面的盘绕通道中，从而产生非凡的声学特性，例如双负性和接近零的晶胞有效折射率。已经证明了几种类型的空间线圈结构用于低频吸声，例如共面螺旋管，轴向耦合圆管，盘绕气室，螺旋超表面和迷宫结构。其中，迷宫超材料已被证明对宽带吸音最有效。这些结构允许声波在折叠的窄通道中传播，使有效声程长度成倍增加，并且由于空气通道壁界面处的粘热效应而减慢了传播波的速度。

[0005] 通风组件通常用于各种需要通风的设备中，这些需要通风的设备往往会产生一些噪声，这些噪声的产生会对公众健康和生活质量产生不利影响。

[0006] 现在的通风隔声结构存在着以下不足：

[0007] 1、隔声频率范围窄：现有的隔声结构依赖于结构内部的热粘耗散或共振，可用隔声频带范围较窄；

[0008] 2、低频隔声效果不佳：传统隔声材料本身的隔声效果不佳，在高频段时能在一定程度上降低声音，但是，在低频段其隔声效果较差；

[0009] 3、隔声结构体积较大：一些建筑板材的隔声量与它们单位面积的质量(或表面密度)的对数成正比；在低频情况下声能量较大，需要更大的体积才能满足隔声或吸声的需求，这限制了传统材料在隔声方面的应用；

[0010] 本发明的目的是在亚波长尺寸上实现一种低频通风隔声结构。

发明内容

[0011] 有鉴于此，本发明提出了一种具有通风功能的隔声环结构，通过在噪声源前安装该通风隔声环结构，同时配合对通风隔声环各结构参数的优化，有利于在实现较好通风效果的前提下，提高较宽频率范围内噪音的隔声量，减弱噪声以及减少噪声向外辐射。

[0012] 隔声环主要由环形主管道和空间盘绕结构夹层构成。具体结构为在环形管道的管

壁中挖出一个空间盘绕结构夹层,所述隔声环的环形管道内部有多个空间盘绕结构夹层单元,多个空间盘绕结构夹层单元绕环形管道中心轴线呈圆周阵列分布。

[0013] 进一步地:所述空间盘绕结构单元只在夹层入口、出口处分别通过管道入射面、出射面与外界连通。

[0014] 进一步地:多个空间盘绕结构夹层单元的形状相同,并沿环形管道中心轴线在环形管道壁中均匀分布。

[0015] 进一步地:每个空间盘绕结构夹层单元的折叠次数n≥4,且为偶数。

[0016] 进一步地:每个空间盘绕结构夹层单元的整体结构呈扇形,扇形的内外径分别与环形管道结构的内外径的距离为t1=0.5～2mm。

[0017] 进一步地:每个空间盘绕结构夹层单元的内环相邻管道间的间距为t2≥0.5mm。

[0018] 本发明与现有技术相比的优越性:

[0019] 1、本发明中的隔声环结构,因其独特的环形结构使得该结构可以允许部分流体在其内部通过。

[0020] 2、薄元结构的设计并不常见,本结构的整体体积较小。该隔声环结构单元的厚度可以仅为t≤40mm。

[0021] 3、本发明的隔声环结构参数可以调节,通过对结构参数的调整(空间盘绕结构夹层的折叠数、厚度等)可以使隔声频段可调,且不同空间盘绕夹层结构单元的管厚不用限制为完全一样的,不同参数的空间盘绕夹层结构单元对应着不同的隔声频率区间,多个不同参数尺寸的空间盘绕结构之间相互影响,通过设置合理的结构参数,能够有效扩宽隔声频率范围,这为设计特定的隔声频率段,提供了可操作性。

[0022] 4、本发明的隔声环结构,当改变隔声环的各项结构参数时,可以获得不同的隔声效果,通过调整隔声环的各项结构参数,在不同结构参数的配合下,可以获得更为理想的隔声效果。

附图说明

[0023] 图1a、1b分别是本发明所提供的具有通风功能的隔声环和空间盘绕结构夹层单元的结构示意图;

[0024] 图2是图1中的具有通风功能的隔声环A向示意图;

[0025] 图3是将图1中的具有通风功能的隔声环放置在圆柱形波导内部的结构示意图;

[0026] 图4A是本发明的一实施例中的每个空间盘绕结构的管道厚度为w=6mm,折叠次数为n=4的隔声系数与频率的曲线示意;

[0027] 图4B是本发明的一实施例中的每个空间盘绕结构的管道厚度为w=3mm,折叠次数为n=4的隔声系数与频率的曲线示意图;

[0028] 图4C是本发明的一实施例中的每个空间盘绕结构的管道厚度为w=3mm,折叠次数为n=6的隔声系数与频率的曲线示意;

[0029] 附图标记:

[0030] 1、隔声环管道,2、空间盘绕结构夹层单元,3、圆柱形波导

具体实施方式

[0031] 为了使本发明的目的、优点和技术方案更加清晰直观，接下来将结合实施例及相关附图对本发明作进一步说明。需理解，接下来所描述的实施例只用来解释本发明，而不能理解为对本发明的限制。

[0032] 请参阅图1及图2，本发明所述的通风隔声环结构相比于传统隔声超材料获取一样的隔声频率所需的结构尺寸更小，更易满足现实的应用需求。

[0033] 如图3所示，将通风隔声环结构置于直径为80mm，长度为160mm的圆柱形空气波导内部；本发明的隔声环结构的材料采用光敏树脂，可通过3D打印技术将模型打印成型；圆柱形空气波导的两端是开放的，其余边界在声学上均为刚性边界；通风隔声环结构已确定的尺寸参数有环形管道厚度为t＝40mm，环形管道内径d＝40mm，环形管道外径D＝80mm，环形管道管壁内部的空间盘绕夹层结构内外端距管道内外径的距离均为t1＝2mm。将本发明的隔声环结构置于空气波导的入射口与出射口中间，背景介质为空气；圆柱形波导的两端为端口边界，其余边界为硬声场边界；使用有限元软件COMSOL MULTIPHYSICS的压力声学模块进行频域分析，计算出空气波导的入射端与出射端处的声波之比，即透射系数S。

[0034] 实施例1：

[0035] 本发明所提出的隔声环结构的尺寸参数较多，由于本发明主要考察空间盘绕结构对结构隔声效果的影响，故需先将圆环管道的外部尺寸确定。另外，一些结构参数(例如内部盘绕结构到外壁的距离等)对隔声效果的影响较小，应先将其确定；而对于隔声效果影响较大的结构参数(如盘绕结构单元个数，盘绕结构管厚，盘绕结构单元的折叠次数等)，也应先确定一部分参数，以达到相对理想的隔声效果。下面为具体的设计步骤：

[0036] 本发明的结构的厚度为40mm；环形主管道内半径为20mm，外半径为40mm；空间盘绕结构夹层单元数为6，盘绕结构的折叠次数为4，在亚波长尺度，与现有的隔声结构相比，具有以下优点：

[0037] 1、结构尺寸较小，便于集成；

[0038] 2、结构的中间空心，能实现一定程度的通风功能；

[0039] 3、隔声频率段较宽，拓宽了隔声频域，平均带宽为1kHz；

[0040] 4、隔声频率段可调节，能够通过调整管道内部空间盘绕夹层结构的参数调节隔声频率段。

[0041] 对如图1所示的通风隔声环结构进行有限元仿真，使用的有限元软件为COMSOL MULTIPHYSICS。将该通风隔声环结构放置于空气管道中，平面波从其左侧垂直入射。先将SOLIDWORKS构造的如图1a和图3所示的模型导入到仿真软件中，通过布尔操作将结构固体外壳去除，得到声通道模型，并将其材料设置为空气。接着添加压力声学模块，在压力声学模块中添加狭窄声学以及热粘性边界阻抗接口，模拟声-热耦合环境。在声通道左侧界面添加入射端口，作为声源。在声通道右侧界面添加端口，表示出口处的非反射条件。接着对结构进行频域分析，计算出该结构的透射系数，该透射系数随频率变化的曲线如图4A和4B所示；从图4A中能够看出，结构的透射系数在所选频率段内有两个谷值，谷值系数Smin≤0.15。在相邻谷值间，该结构的透射系数有所上升，但仍具有较低的透射系数(S<0.3)，声波能够被有效地隔绝。通过图4A和4B对比可以看出，随着空间盘绕夹层结构通道厚度的增加，结构隔声频率从1580Hz渐渐往低频1390Hz偏移。隔声频率区间的平均透射系数也有所下

降。空间盘绕夹层结构的优点在于:低频宽带,便于调节。通过观察图4A和4B,可以发现空间盘绕夹层结构的通道厚度越厚,其隔声频率能够变得更低,且透射系数也会有所降低,隔声效果更好。

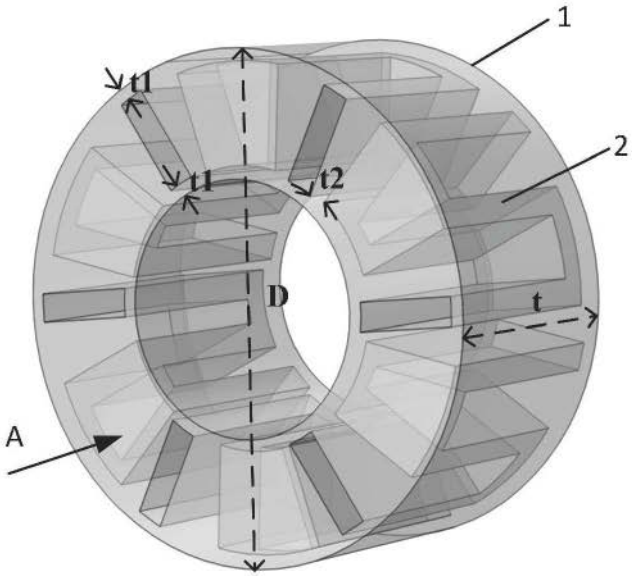
[0042] 实施例2:

[0043] 此实施例中隔声环结构的厚度为40mm;环形主管道内半径为20mm,外半径为40mm;空间盘绕结构夹层单元数为6,盘绕结构的管道厚度为w=3mm。

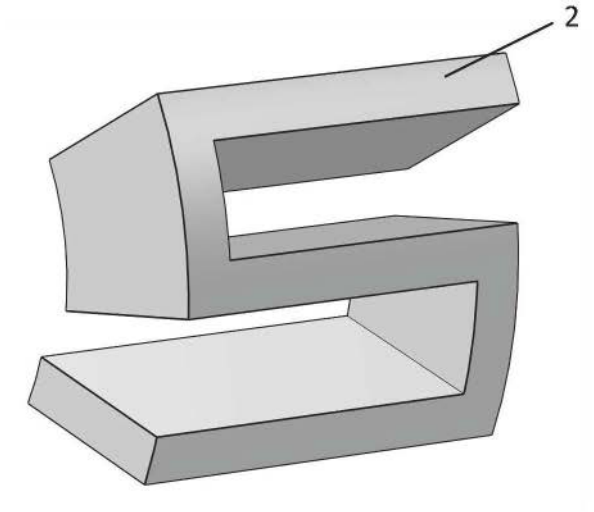
[0044] 参考图4B和4C,空间盘绕结构的折叠次数为4时,其最低隔声频率在1390Hz,当空间盘绕结构的折叠次数变为6时,最低隔声频率移动到了900Hz,由此可以看出随着折叠次数的增加(即声通道路径变长),隔声频率逐渐降低,而透声幅值基本维持不变。因而,可以通过增加空间盘绕结构的折叠次数,以获得所需要的隔声频率,且能始终维持在0.4以下的透射系数。

[0045] 通过调整该通风隔声环结构的空间盘绕结构管厚和折叠次数,能够实现通风低频以及具有稳定带宽的隔声。采用通风隔声环结构,使得隔声结构的侧向厚度得到明显降低,且能保持等效长管道的隔声效率。通风隔声环结构在通风低频隔声中具有更低的隔声频率,更宽的隔声频带范围以及更加灵活的可调性,有助于实现超薄、可广泛调频且高效的通风低频宽带隔声结构。

[0046] 最后需要说明的是,以上所述的实施例只用来解释本发明的技术方案,不能被用来限定本发明。尽管参照实施例对本发明进行了详细说明,本领域的技术人员应当理解,凡在本发明技术方案的宗旨和范围内对其进行任何等同替换或者修改等,仍应包含在本发明的保护范围当中。



(a)



(b)

图1

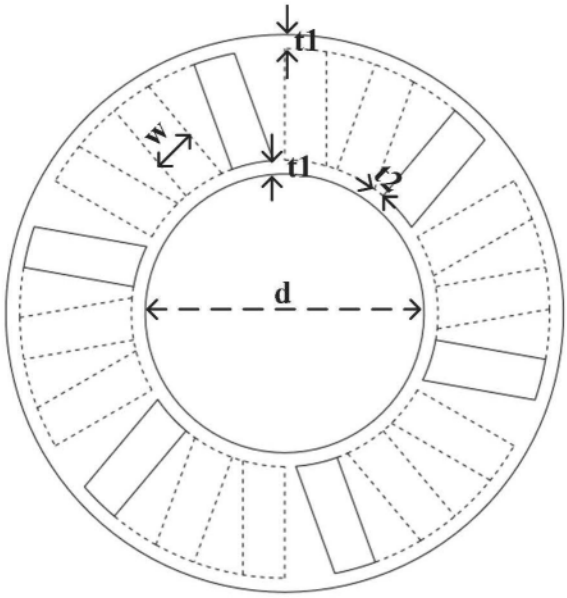


图2

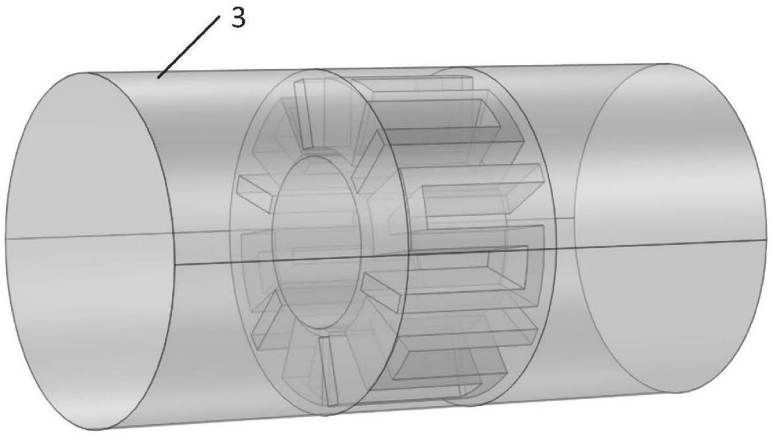


图3

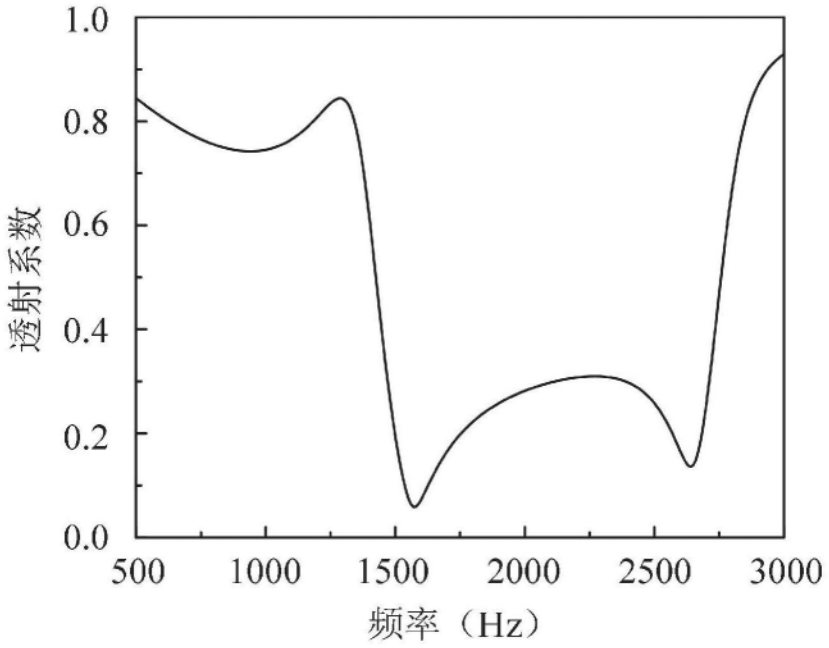

1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
透射系数
500
1000
1500
2000
2500
3000
频率（Hz）

图4A

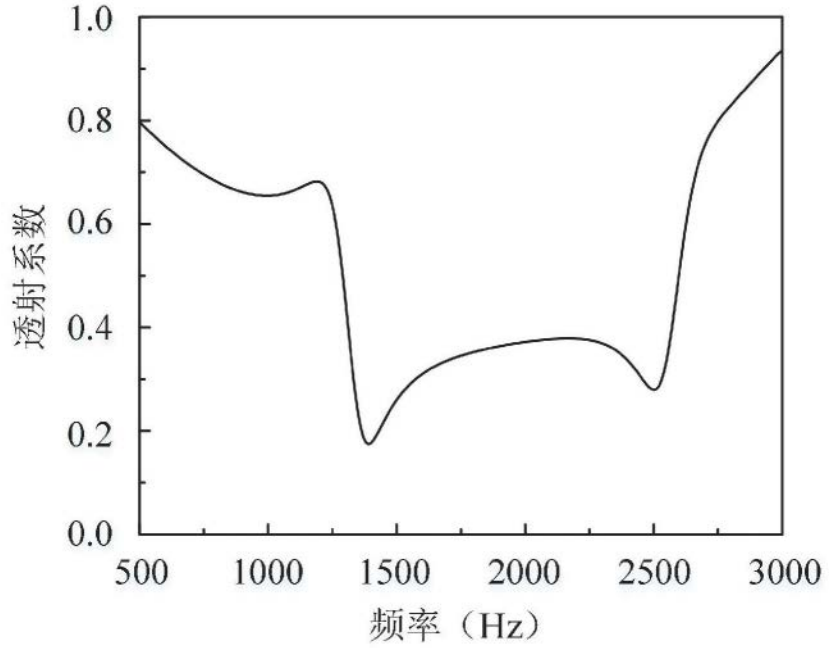

1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
透射系数
500
1000
1500
2000
2500
3000
频率（Hz）

图4B

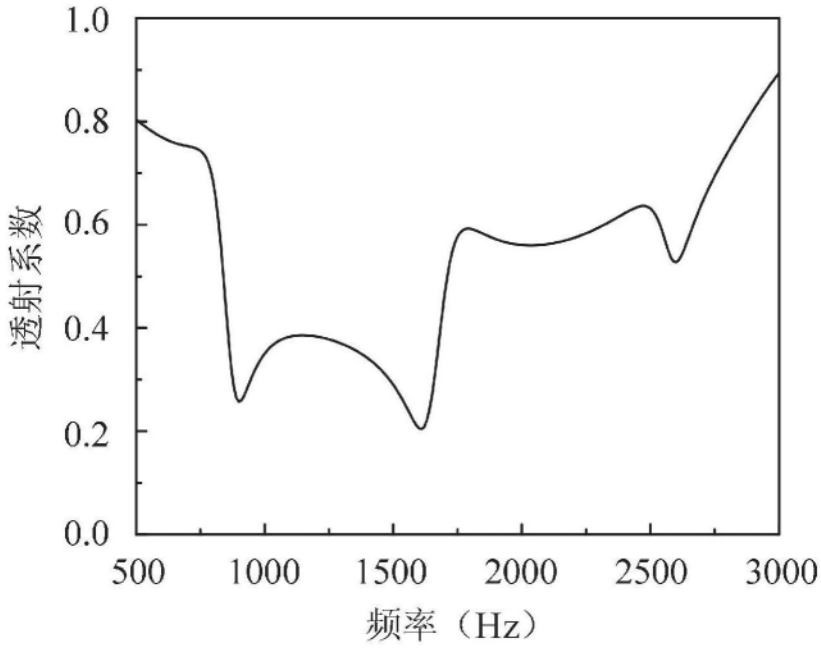


图4C