(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2015 年 7 月 30 日 (30.07.2015)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2015/109761 A1

(51) 国际专利分类号:
B32B 3/08 (2006.01) *B32B 27/12* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2014/081328

(22) 国际申请日: 2014 年 7 月 1 日 (01.07.2014)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201410037510.6 2014 年 1 月 26 日 (26.01.2014) CN
201410275779.8 2014 年 6 月 19 日 (19.06.2014) CN

(71) 申请人: **上海交通大学 (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY)** [CN/CN]; 中国上海市闵行区东川路 800 号, Shanghai 200240 (CN)。

(72) 发明人: **黄震宇 (HUANG, Zhenyu)**; 中国上海市闵行区东川路 800 号, Shanghai 200240 (CN)。 **罗旭东 (LUO, Xudong)**; 中国上海市闵行区东川路 800 号, Shanghai 200240 (CN)。 **马红孺 (MA, Hongru)**; 中国上海市闵行区东川路 800 号, Shanghai 200240 (CN)。

(74) 代理人: **上海新天专利代理有限公司 (SHANGHAI XIN TIAN PATENT AGENCY CO., LTD.)**; 中国上海市黄浦区南昌路 59 号 1606 室, Shanghai 200020 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

[见续页]

(54) Title: MEDIUM-AND-LOW-FREQUENCY LIGHT-AND-THIN SOUND INSULATION AND ABSORPTION PANEL, AND COMPOSITE WALLBOARD THEREOF

(54) 发明名称 : 中低频轻薄型隔声吸声板及其复合壁板

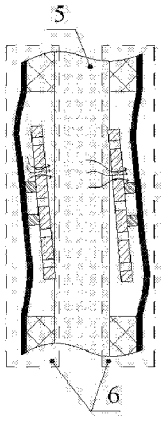

图 3 / Fig. 3

(57) Abstract: A medium-and-low-frequency light-and-thin sound insulation and absorption panel, consisting of a plurality of units arranged in parallel; each unit consists of a rigid framework, an elastic thin film and a perforated panel having a through hole; the elastic thin film is connected to the rigid framework, and the perforated panel is connected to the elastic thin film; two sound insulation and absorption panels with one layer of sound absorption layer clamped therebetween form a sound insulation and absorption composite panel, such that a near field wave generated by the sound insulation and absorption panels passes back and forth through the sound absorption layer to effectively dissipate the sound energy, thus improving sound wave insulating effect; the composition panel, a heat insulation and sound absorption layer and a casing are sequentially connected from inside to outside to form a sound and heat insulating composite wallboard. The sound insulation and absorption panel, the composite panel and the composite wallboard have good sound insulating effect across the low-and-medium frequency domain; and a composite panel having a thickness of 10 mm and an areal density of 1.5 kg/m^2 added to the casing increases the sound insulation by about 25 dB in a designed frequency range. The present invention is suitable to serve as the cabin wallboard of airplanes, spacecraft, automobiles, trains and ships.

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2015/109761 A1

RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种中低频轻薄型隔声吸声板，由并列排布的多个单元组成，每个单元由刚性框架、弹性薄膜及具有通孔的穿孔板组成，弹性薄膜与刚性框架相连，穿孔板与弹性薄膜相连；由两块该隔声吸声板中间夹设一层吸音层构成隔声吸声组合板，使得通过隔声吸声板产生的近场波反复穿越吸音层有效地消耗声能，从而提高声波阻隔效果；将所述的组合板、隔热吸音层和壳体由内至外依次连接构成一种隔声隔热复合壁板。隔声吸声板、组合板及复合壁板在整个中低频域内都有较好的隔声效果；在壳体上增加 10mm 厚，面密度为 1.5kg/m^2 的组合板，可在设计频率范围提高隔声量 25dB 左右，本发明适合作为飞机、航天器、汽车、列车、船舶等的舱室壁板。

中低频轻薄型隔声吸声板及其复合壁板

技术领域

本发明涉及隔声吸声板，尤其涉及一种中低频轻薄型隔声吸声板及其复合壁板。

背景技术

大型运载工具、如太空船、飞机、列车、船舶、汽车等，通常安装功率强大的动力设备，且行驶速度较高。因此，一方面，动力设备产生振动和噪声；另一方面，运载工具的外壳与外部载体介质之间的相对运动也产生振动和噪声。为了提高运载工具的工作效率，增加速度和降低能耗是运载工具的发展方向，这就使运载工具动力愈大而结构愈轻薄，随之产生更严重的振动噪声问题。而舱内的乘客希望旅途环境更安静。从而要求舱室壁板在满足结构强度和隔热性能的条件下，以尽量小的重量和空间代价，大幅度提高隔声性能。

理论和实践表明，高频噪声可以用普通的轻薄隔声吸声材料获得较好的隔声吸声效果，但对于 100 - 1000 Hz 的中低频噪声而言：根据隔声的质量密度定律，普通材料的隔声板必须“面密度”很高才能有效进行隔声；而采用阻尼吸声材料时，当吸声材料的厚度与声波波长相当时吸声率才会比较高，由于低频声波的波长较长，比如低于 1000 Hz 的声波波长大于 30 cm，因而在中低频段需要用很厚的吸声材料才能产生有效的吸声效果。在一些对空间和重量有要求的场合，如太空船、飞机、列车、船舶、汽车等，厚重的普通隔声吸声材料很难获得应用。由于 100

– 1000 Hz 是机电噪声的主要能量分布频段，且与人们的听力敏感频段重合，所以中低频轻质薄层隔声吸声板一直是市场追逐的热点。

以商用飞机为例，舱室壁板由外向内的组成结构包括：1.5 mm 左右的薄铝板，称为“蒙皮”，设计原则是强度和外形；5～10 cm 的隔层，放置绝热吸音棉和铺设管线；最靠近舱内是轻质装饰板，设计原则是美观。在飞机巡航阶段，舱外引擎产生的振动、噪声和气体湍流脉动噪声的能量集中在 100 – 5000 Hz 的连续宽频段。由于舱室壁板重量较轻，使得 100 – 1000 Hz 的中低频隔声量最薄弱，从而使舱内噪声能量集中在该隔声薄弱频段，提高中低频壁板隔声量是降低飞机舱内噪声水平的关键途径。

为了提高该频段的隔声量，传统方法包括：（1）增加蒙皮和装饰板的重量。由于在 100 – 1000 Hz 频段，壁板的面密度决定了隔声水平，根据隔声的“质量定理”，壁板的面密度增加 1 倍，壁板隔声量可提高 6 dB。而对于商用飞机而言，大幅度增加壁板重量的代价不能接受。（2）在壁板隔层中增加吸声材料。吸声材料的厚度与声波波长相当时，吸声率较高，低于 1000 Hz 的声波波长大于 30 cm，而商用飞机的隔层厚度一般小于 10 cm，且有管线穿过，能填充的吸音棉厚度不能有效吸收低于 1000 Hz 的中低频噪声。（3）在蒙皮上贴阻尼。阻尼能抑制蒙皮固有频率上的自由振动，所以能抑制在这些频率附近的结构振动，从而降低振动产生的噪声辐射，如发动机振动传至蒙皮产生的噪声，但阻尼对其它原因产生的噪声不能有效抑制，如发动机噪声等。（4）在隔层中增加一层或多层轻薄隔板。当蒙皮和各层板之间不存在耦合共振的情况下，可以提

高隔声效果。但由于壁板隔层的空间很小，在中低频不可避免地产生板之间的耦合共振，使得隔声效果甚至低于未加隔板的情况。综上所述，传统材料和结构组成的壁板很难在重量和空间的约束条件下明显提高中低频的隔声性能。

近年来发展出一种人工薄膜型局域共振声学材料（Locally Resonant Phononic Material, 简称 LRPM，中国专利号 CN1664920A）。该材料由人工构造的晶格单元周期性排列而成，这些晶格单元具有较低的共振频率。通过设计这些晶格单元的几何尺寸与材料物理特性，可以在第一和第二共振频率之间获得一个较低的反共振频率，此时整个单元的平均位移为零，从而在自由空间远场处会出现声压“正负相消”的效果，获得比同样面密度的均质材料高 5 dB 以上的隔声量。但是这种 LRPM 仅在其反共振频率附近的较窄频段内隔声效果较好，而在相邻的频域（第一和第二共振频率附近）会出现隔声很差的频段（隔声量“峰谷”）。在“峰谷”的频带内其隔声效果比普通材料还要差。尽管叠加多块 LRPM 板，通过其它 LRPM 板的隔声“峰”可以补偿某一 LRPM 板“峰谷”处的性能，但仍会有“峰谷”的存在，而且增加了材料的厚度。更为重要的是，在前述舱室壁板的应用中，由于舱室外层材料是有强度要求的均匀材料，所以 LRPM 只能放置于隔层中，在隔层狭小的空间中，LRPM 工作机理上所必须的“自由空间远场”条件被很近位置处的蒙皮和装饰板所破坏，LRPM 在自由空间远场处的“正负相消”的工作机理无法实现，从而无法实现 LRPM 的有效隔声性能。

此外与本专利相关的专利还有：中国专利 CN201220446855 利用共

振结构与穿孔板相结合实现低频吸声，由于其所使用的共振结构在低频域较厚重使得结构整体也很厚重，适合用于消声室等对空间和重量不太敏感的场合。中国专利 CN101693415A 公开了由多层吸声棉毡与弹性海棉体通过阻尼复合胶复合成的吸隔声隔热材料。这种利用阻尼和吸声的复合板用来隔离高频声波比较有效，但对于声波较长的中低频噪声的隔离效果不好。中国专利 CN203186250U 公开了采用铝板、橡胶骨架、多层吸音棉及阻尼层的分层复合隔声吸声壁板。这种壁板仍然较为厚、重，难于适应现代高速运载工具特别是航空航天器对重量和空间的要求。

发明内容

为了解决在中低频段内（100 - 1000 Hz）传统均质隔声吸声材料较厚重，现有 LRPM 隔声频带窄而且有隔声量“峰谷”的问题，本发明提供一种中低频轻质薄层隔声吸声材料，能有效隔离吸收 100 Hz 以上中低频声能，在较宽频带内获得较好的隔声效果。

本发明的技术解决方案如下：

一种中低频轻质薄层隔声吸声板，其特点在于：由并列排布的多个隔声吸声单元组成，每个隔声吸声单元由刚性框架、弹性薄膜及具有通孔的穿孔板组成，所述的弹性薄膜与所述的刚性框架相连，所述的穿孔板与所述的弹性薄膜相连。

还包括连接件，所述的穿孔板经该连接件与所述的弹性薄膜相连。

所述的穿孔板为铝、塑料或陶瓷的刚性板。

所述的穿孔板上的孔隙面积之和与所述的穿孔板的面积之比小于 20%。

所述穿孔板的通孔孔径为 0.5mm~2.0mm。

所述的连接件为圆柱形、圆环形或方柱形。

所述的弹性薄膜上设有多个通孔，这些通孔的孔隙面积之和与所述的弹性薄膜的表面积之比小于 5%。

所述的弹性薄膜的通孔的直径为 0.05mm~0.2mm

一种中低频隔声吸声组合板，其特点在于，由两块所述的隔声吸声板及在该隔声吸声板的刚性框架之间夹设的吸声材料组成。

所述的吸声材料为柔性吸音棉，该柔性吸音棉成团交错压实在所述的两块隔声吸声板之间，所述吸声材料的厚度小于 1 cm。

一种中低频隔声隔热复合壁板，特点在于其构成包括由外至内依次连接的壳体、隔热吸音层和所述的中低频隔声吸声组合板。

所述的组合板的内侧还设有至少一个添加组，该添加组由外至内依次为第二吸声材料和第二隔声吸声板。

所述的隔热吸音层厚度约为 2-5 cm。

本发明的原理如下：

所述的中低频轻质薄层隔声吸声板通过局域共振及孔隙耗能对声波进行阻隔和消耗。

所述的中低频隔声吸声组合板主要利用“近场波”耗能的机制进行隔声吸声：当声波入射到第一耦合振动板时，除了产生透射波和反射波，还会在板的表面激发出衰减波（即“近场波”）。在板的法线方向上，衰减波声压随着距离的变化以指数方式快速衰减；在该方向上，衰减波的平均能流密度为零，即不会向外传输声能。所以在常规隔声结构中，该

近场波能量不作为吸声的考虑对象。但是，如果在两块第一耦合振动板之间紧密填充薄层吸音棉等轻质吸声材料，这些轻柔材料对耦合振动板的共振频率等物理特性基本没有影响。而更重要的是，它们除了以较低吸声效率吸收少量入射波、透射波以及反射波能量外，也会吸收衰减波的能量。在组合板的耦合振动频率附近，衰减波会多次来回反射叠加后达到很高的声能，从而提高了吸声材料吸收能量的大小。被吸音棉不断吸收的衰减波能量，需要由入射声波来提供，从而在整体效果上，降低了透射波的能量，提高了隔声性能。两块耦合振动板需要相隔足够的近（10 mm），从而可以通过两板的耦合作用有效提高板间的衰减波强度；但也不能太近（0.1 mm），以致无法往里填充足够的吸音棉。

所述的中低频隔声隔热复合壁板，主要利用中低频隔声吸声组合板与外壳的耦合作用提高隔声效果，因而外壳与组合板间的距离较为重要。

与现有技术相比，本发明的有益效果是：

1）有效提高隔声性能，相对传统 LRPM 在设计频段内可提高隔声量 5 dB 以上。通过调节连接件的形状可以对隔声板的工作频率进行定制。

2）与由传统 LRPM 构成的组合板相比，中低频隔声吸声组合板的隔声量在设计频段内提高近 9 dB。通过调节连接件的形状可以获得宽频带的隔声效果。

3）相对于只有一层壳体的情况，本发明中低频隔声隔热复合壁板在整个中低频域内都有较好的隔声效果，而且还可以在给定的频率附近

（即隔声量峰值频率附近）提高隔声量 25 dB 左右，该隔声量峰值频率可以根据需要进行设计。

4）相对于壳体+一层等质量面密度的均匀板，即双层隔声板的情况，本发明中低频隔声隔热复合壁板有效解决这种双层隔声板在低频域内发生耦合振动无法有效进行隔声的问题。且在中低频段大部分频域内隔声性能都强于双层隔声板的情况。在隔声量峰值处可提高 17 dB 的隔声性能，该隔声量峰值频率可以根据需要进行设计。

5）相对于壳体+一层等质量面密度的 LRPM 板，本发明中低频隔声隔热复合壁板有效改善隔声量频谱曲线峰谷处的性能，隔声量至少提高 4 dB 以上。这对于中低频隔声是至关重要的。

6）本发明中低频隔声隔热复合壁板主要利用近场波耗能以及多层板间的耦合使声波得以迅速衰减。因而如果耦合振动板间的距离过大或者壳体与耦合振动板的距离过大则没有上述效果。另一方面，板间距离小也是材料轻薄化的要求。

附图说明

图 1 为本发明中低频轻质薄层隔声吸声板单元的剖面示意图。

图 2 为本发明中低频轻质薄层隔声吸声板单元第二实施例的剖面示意图。

图 3 为本发明中低频隔声吸声组合板结构的剖视图。

图 4 为本发明中低频隔声吸声组合板结构的另一实施例剖视图。

图 5 为本发明中低频隔声隔热复合壁板的剖面图，其中箭头代表声波入射方向。

图 6 为一种飞机舱室的复合壁板。

图 7 为一种较厚的复合壁板。

图 8 单层隔声板隔声曲线比较。

图 9 组合板隔声曲线比较。

图 10 复合壁板隔声曲线比较。

具体实施方式

下面结合实施例和附图对本发明做详细的说明，本实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施，给出了详细的实施方式和具体的操作过程，但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

实施例 1

请先参阅图 1，图 1 为本发明中低频轻质薄层隔声吸声板单元的剖面示意图。如图所示，一种中低频轻质薄层隔声吸声板，由并列排布的多个隔声吸声单元组成，每个隔声吸声单元由刚性框架 1、弹性薄膜 2 及具有通孔的穿孔板 3 组成，所述的弹性薄膜 2 与所述的刚性框架 1 相连，所述的穿孔板 3 与所述的弹性薄膜 2 相连。

刚性框架 1 主要起固定支撑弹性薄膜 2 的作用，为了减小重量和厚度，优选较轻薄的刚性材料。本实施例中选用厚度为 0.5 mm 的碳纤维。网格单元大小为 20 x 20 mm，网格单元间距为 3 mm。

弹性薄膜 2 优选较薄的材料，在薄膜上打孔有利于提高隔声吸声材料高频处的隔声性能，但低频处的隔声性能有所下降；不打孔则低频处的隔声性能更好。所打孔的孔隙面积与弹性薄膜的面积之比小于 5%，每个孔的直径均小于 0.2mm。本实施例中采用 0.1 mm 厚的橡胶作为弹

性薄膜。

穿孔板 3 优选的刚性材料可以是铝或塑料或陶瓷，为增加其刚度还可设置加强筋。穿孔板 3 上设有通孔，该通孔的孔隙面积与穿孔板的面积之比小于 20%；该通孔为圆孔、方孔或其它不规则形状的孔。本实施例中采用直径为 10 mm、厚度为 1 mm 的铝板；采用直径为 1 mm 的圆孔，孔隙率为 6%。

实施例 2

图 2 为本发明中低频隔声吸声单元第二实施例的剖面图，如图所述，一种中低频轻质薄层隔声吸声板由多个隔声吸声单元并列排布而成，每个隔声吸声单元包括：刚性框架 1、弹性薄膜 2、穿孔板 3 及连接件 4，所述的弹性薄膜 2 与所述的刚性框架 1 相连，所述的穿孔板 3 与所述的弹性薄膜 2 通过连接件 4 相连。

刚性框架 1、弹性薄膜 2、穿孔板 3 与实施例 1 相同。

连接件 4 用来连接弹性薄膜 2 与穿孔板 3，同时连接件 4 与弹性薄膜 2 的接触面积会影响弹性薄膜 2 的有效刚度，因而连接件 4 的形状也可用来调节隔声吸声材料的工作频率。连接件 4 可以是中空也可以是实体。若其是实体且在其上穿孔，则所穿孔不能与弹性薄膜 2 上的孔重合。本实施例中连接件 4 分别采用以下两种形状：细圆环：铝材，外径 5 mm、内径 2.5mm、厚 0.6 mm；扁平件：塑料，直径 9.5 mm、厚 0.1 mm。

采用 260 mm 直径的四传声器驻波管分别对三种材料进行了隔声量测试对比，三种材料分别为：传统 LRPM，采用细圆环连接件 4 的新隔声吸声板以及采用扁平件连接件 4 的新隔声吸声板。三种材料在 50 -

800 Hz 中低频的隔声量频谱曲线如图 8 所示。声学材料的隔声量越大，表明该材料对噪声的隔声效果越好。例如：入射到壁板的噪声能量不变的情况下，壁板隔声量增加 1 dB，则透射到壁板后的噪声能量下降 1 dB。

图 8 中虚线为传统 LRPM 隔声曲线，其隔声峰值频率在 360 Hz 左右，在此峰值后有个隔声量的“峰谷”，在此“峰谷”附近隔声量减少 5 dB。点线为采用细圆环连接件 4 的新隔声吸声板的隔声曲线。由于连接件 4 与弹性薄膜 2 的接触面积小，弹性薄膜 2 有效刚度降低了，隔声吸声板隔声量的峰值频率向低频移动，隔声量的峰值提高 5 dB 左右达 20 dB，在高频处隔声性能略有下降。实线为采用扁平件连接件 4 的新隔声吸声板的隔声曲线。隔声吸声板隔声量的峰值频率向高频移动（600 Hz 左右），此频域附近隔声量相对传统 LRPM 高 10 dB 左右达 22 dB，而在传统 LRPM 峰值频率附近的隔声量略有减少。

采用细圆环的连接件 4 可在较低的工作频率处获得非常优越的隔声性能，而采用较扁平的连接件 4 则可以在高频处获得较好的隔声性能，通过调节连接件 4 与弹性薄膜 2 的接触面积可调节隔声材料的工作频率，可根据实际应用的具体需要选择相应的连接件 4 的具体形式。

实施例 3

图 3 和图 4 为一种隔声吸声板组合板的示意图，所述组合板由两块实施例 2 的中低频轻质薄层隔声吸声板 6 及其间的柔性吸音棉 5 组成。所述的柔性吸音棉 5 成团压实，厚度为 8 mm。图 3 中的配置组合板厚 10 mm，面密度 1.5 kg/m^2。图 4 的组合板面密度与图 3 相同，厚度增加 1~2 mm，但将几块组合板叠起来形成多层组合板时，其厚度与采用

图 3 的配置基本相同。

不连续结构，比如传统 LRPM 及实施例 2 所述的隔声吸声板可产生较多的衰减波（即“近场波”），在组合板的耦合振动频率附近，衰减波会多次来回反射叠加后达到很高的声能，从而提高了吸声材料吸收能量的大小。被吸音棉 5 不断吸收的衰减波能量，需要由入射声波来提供，从而在整体效果上，降低了透射波的能量，提高了隔声性能。两块耦合振动板需要相隔足够的近（一般小于 10 mm），从而可以通过两板的耦合作用有效提高板间的衰减波强度；但也不能太近（比如 0.1mm），以致无法往里填充足够的吸音棉。

图 9 为采用实施例 2 中三种材料（即传统 LRPM，采用细圆环连接件 4 的新隔声吸声板以及采用扁平件连接件 4 的新隔声吸声板）的组合板的隔声曲线。图中虚线为采用传统 LRPM 组合板的隔声曲线，相对单层传统 LRPM 隔声“峰谷”处的性能显著改善，隔声曲线在较宽的频域内较为平坦。这是由于组合板中衰减波损耗的结果。点线为采用细圆环连接件 4 的组合板的隔声曲线。其峰值相对采用传统 LRPM 的组合板提高 9 dB 左右达 26 dB，在高频处隔声性能比传统 LRPM 组合板略有下降。图 8 中实线为采用扁平件连接件 4 的隔声曲线。此种配置的隔声效果几乎在全频段优于传统 LRPM 组合板，其隔声量峰在高频处相对传统 LRPM 提高 8 dB 左右达 24 dB。

与实施例 2 相似，采用细圆环的形式可在较低的工作频率处获得非常优越的隔声性能，而采用较扁平的连接件则可以在高频处获得较好的隔声性能，可根据实际应用的具体需要选择相应的连接件 4 的具体形

状。

实施例 4

图 5 为本发明中低频隔声隔热复合壁板的剖面图，如图所示，一种中低频隔声隔热复合壁板，包括由外至内依次连接的壳体 7、隔热吸音层 8 和组合板 9。该组合板 9 由两块第一耦合振动板 10 及其间的第一吸声材料 11 组成。一块耦合振动板是 LRPM 材料，所述的吸声材料 4 为柔性吸音棉，另一块耦合振动板是塑料板。所述的组合板 9 可以是实施例 3 的中低频隔声吸声组合板。

壳体 7 采用铝合金或其它复合材料，用于满足结构强度的要求且优选为密度较低的材料。

隔热吸音层 8 是空腔或隔热吸音棉，优选的是致密的吸音棉，主要用于隔绝热量和吸收高频噪声。

隔声吸声板 6 的尺寸规格可以相同，也可以不同，其材料可以是均质板也可以是非均质板，主要用于在两耦合振动板附近产生较强的近场声波。

耦合振动板 10 优选的是实施例 1 或 2 中的隔声吸声板。（原来：耦合振动板 10 优选的是一种 LRPM 材料，由具有若干网格的框架 7、弹性薄膜 8 以及小质子 9 组成。）

吸音材料 11 优选的是柔性吸音棉，柔性吸音棉成团压实在两块耦合振动板 10 中间，其压缩后的厚度约为 5 mm，吸音材料 11 主要起吸收近场波作用，而且不能影响耦合振动板材料单元的局域共振。

图 6 为一种用于飞机舱室的中低频隔声壁板，如图所示，本实施

例中商用飞机舱室壁板的壳体 7 为铝合金，厚度在 1.2 mm -2.2 mm 之间；隔热吸音层 8 为玻璃纤维棉，厚度在 25 mm - 50 mm 之间；内装饰板 12 为酚醛树脂。为了增加舱内空间容量，希望使舱壁板的厚度为 100 mm，这使得隔声更为困难。

飞机巡航阶段舱外噪声是舱内噪声的主要来源，由于壳体的隔声量是确定的，而且难于找到隔声性能更好且满足相应强度及密度要求的替代品；内装饰层除了现有的吸声材料外还要满足柔软美观等要求，在隔声方面也难于提高。因而，降低舱内噪声最有效方法是优化壁板和装饰板之间隔声材料，并利用各层材料间的协同耦合作用从而达到最优的隔声效果。考虑到飞机对体积和重量的要求，隔声材料需要具有轻薄的特性。

组合板 9 由两块第一耦合振动板 10 及其间的第一吸声材料 11 组成。

所述的壳体 7 采用铝合金，厚度为 1.37 mm。

所述的隔热吸音棉 8 采用玻璃纤维棉，厚度为 50 mm, 无需压实。

所述的组合板 9 厚度约为 10 mm，面密度为 1.5 kg/m^2。

所述的耦合振动板 10 采用 LRPM 材料，其中的框架采用 0.5 mm 厚的塑料，网格单元大小为 20 x 20 mm，网格单元间距为 3 mm；弹性薄膜采用 0.1 mm 厚的橡胶膜；小质子采用铝片，直径为 10 mm，厚度为 1 mm。

所述的吸音材料 11 采用柔性吸音棉，柔性吸音棉成团压实，厚度为 8 mm。

图 10 中虚线为壳体 7（即 1.37 mm 铝合金）的隔声量频谱曲线。

从图中可以看出，薄板的隔声效果较差。

图 10 中点线为壳体 1+隔热吸音棉 2+单层的面密度为 1.5 kg/m^2 的塑料板（即 1.37 mm 铝合金+50 mm 玻璃纤维棉+面密度为 1.5 kg/m^2 的塑料板）的隔声量频谱曲线。此种情况为利用双层薄板隔声的情况，相对于只用一层壳体 7 的情况，大大地提高了 350 Hz 以上频率的隔声量，但是在 150 Hz – 250 Hz 范围内其隔声效果还不如只用壳体 7 的隔声效果。这主要是由于两块薄板在此频率范围发生了耦合共振的结果。

图 10 中点划线为壳体 7+隔热吸音棉 8+单层的面密度为 1.5 kg/m^2 的 LRPM 板（即 1.37 mm 铝合金+50 mm 玻璃纤维棉+面密度为 1.5 kg/m^2 的 LRPM 板）的隔声量频谱曲线。由图中可以看出，此种配置在 400 Hz 和 800 Hz 附近有两个隔声量的峰值，在 300 Hz 以上的频域的隔声效果都比只有壳体 7 的情况好。相对加入一块具有同样面密度的塑料板的情况（图中点线），此种配置在两个隔声量峰处的隔声量较高；但在两个峰中间有个峰谷，在 440 Hz – 700 Hz 范围内隔声量减小了 8 – 9 dB。这些隔声量的峰谷是由 LRPM 板的动力学特性引起的。

图 10 中实线为壳体 7+隔热吸音棉 8+组合板 9（即 1.37 mm 铝合金+50 mm 玻璃纤维棉+两块 0.5 mm 耦合振动的 LRPM 板+8 mm 柔性吸音棉 11）的隔声量频谱曲线，此种配置即为本实施例适用于飞机舱室壁板的配置。由图中可以看出，此种配置的隔声量在全频段内都优于只有壳体 7 的情况，而且出现两个隔声量的峰，该峰值附近的隔声量比只有壳体 7 的情况提高了 25 dB。相对于加入一块具有同样面密度的塑料板的情况（图中点线），此种配置在大部分频域内都有优势，特别是在两

个峰值频率附近隔声量最多提高了 17 dB；只在较窄的频域（420 Hz – 570 Hz）内隔声量减小了不到 3 dB。相对于加入一块具有同样面密度的 LRPM 板的情况（图中点划线），此种配置可以有效提高采用单层 LRPM 板引起的隔声峰谷，从而改善飞机舱室壁板隔声的频带特性。

上述实施例 4 中耦合振动板 10 也可采用其它产生近场波的材料，比如实施例 1 中的隔声吸声板以及带有简单人工结构的塑料板等。采用塑料板的配置隔声效果较实施例 4 略差，但优于采用具有同样面密度的单层板，也不会出现采用单层 LRPM 板的隔声峰谷。由于均质板的制造成本低于 LRPM 板，可以作为一种低成本的解决方案。

实施例 5

图 7 为一种较厚的复合壁板，如图所示，一种中低频隔声隔热复合壁板，特征在于其构成包括由外至内依次连接的壳体 7、隔热吸音层 8 和组合板 9；组合板 9 由两块第一耦合振动板 10 及其间的第一吸声材料 11 组成。组合板 9 的内侧还设有二个添加组，该添加组由外至内依次为第二吸声材料 13 和第二耦合振动板 14。

本实施例中第一耦合振动板和第二耦合振动板均是采用 LRPM 材料制成，当然也可以采用实施例 1 或 2 所述的隔声吸声板以及其它产生近场波的材料。

权 利 要 求 书

1、 一种中低频轻质薄层隔声吸声板，其特征在于：由并列排布的多个隔声吸声单元组成，每个隔声吸声单元由刚性框架（1）、弹性薄膜（2）及具有通孔的穿孔板（3）组成，所述的弹性薄膜（2）与所述的刚性框架（1）相连，所述的穿孔板（3）与所述的弹性薄膜（2）相连。

2、 根据权利要求 1 所述的中低频轻质薄层隔声吸声板，其特征在于：还包括连接件（4），所述的穿孔板（3）经该连接件（4）与所述的弹性薄膜（2）相连。

3、 根据权利要求 1 或 2 所述的中低频轻质薄层隔声吸声板，其特征在于，所述的穿孔板（3）为铝、塑料或陶瓷的刚性板。

4、 根据权利要求 1 或 2 所述的中低频轻质薄层隔声吸声板，其特征在于，所述的穿孔板（3）上的孔隙面积之和与所述的穿孔板（3）的面积之比小于 20%。

5、 根据权利要求 4 所述的中低频轻质薄层隔声吸声板，其特征在于，所述穿孔板（3）的通孔孔径为 0.5mm~2.0mm。

6、 根据权利要求 2 所述的中低频轻质薄层隔声吸声板，其特征在于，所述的连接件（4）为圆柱形、圆环形或方柱形。

7、 根据权利要求 1 或 2 所述的隔声吸声板，其特征在于，所述的弹性薄膜（2）上设有多个通孔，这些通孔的孔隙面积之和与所述的弹性薄膜（2）的表面积之比小于 5%。

8、 根据权利要求 7 所述的中低频轻质薄层隔声吸声板，其特征在于，所述的弹性薄膜（2）的通孔的直径为 0.05mm~0.2mm

9、 一种中低频隔声吸声组合板，其特征在于，由两块权利要求 1 或 2 所述的隔声吸声板（6）及在该隔声吸声板（6）的刚性框架（1）之间夹设的吸声材料（5）组成。

10、 根据权利要求 9 所述的中低频隔声吸声组合板，其特征在于，所述的吸声材料（5）为柔性吸音棉，该柔性吸音棉成团交错压实在所述的两块隔声吸声板（6）之间，所述吸声材料的厚度小于 1 cm。

11、 一种中低频隔声隔热复合壁板，特征在于其构成包括由外至内依次连接的壳体（7）、隔热吸音层（8）和权利要求 9 所述的中低频隔声吸声组合板（9）。

12、 根据权利要求 11 所述的中低频隔声隔热复合壁板，其特征在于，所述的组合板的内侧还设有至少一个添加组，该添加组由外至内依次为第二吸声材料和第二隔声吸声板。

13、 根据权利要求 11 所述的中低频隔声隔热复合壁板，其特征在于，所述的隔热吸音层（8）厚度约为 2-5 cm。

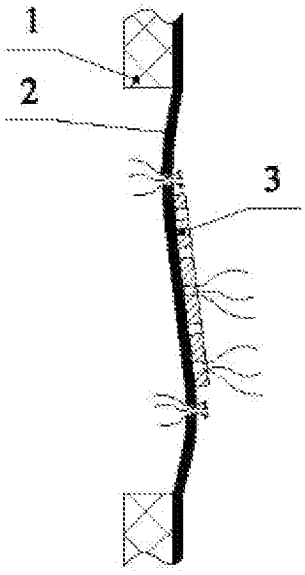

图 1

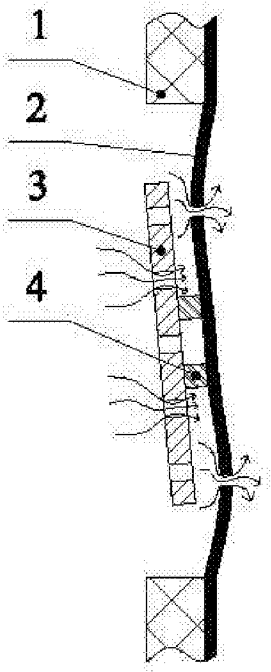

图 2

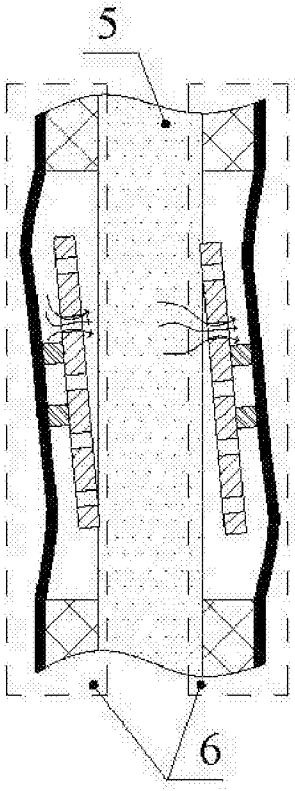

图 3

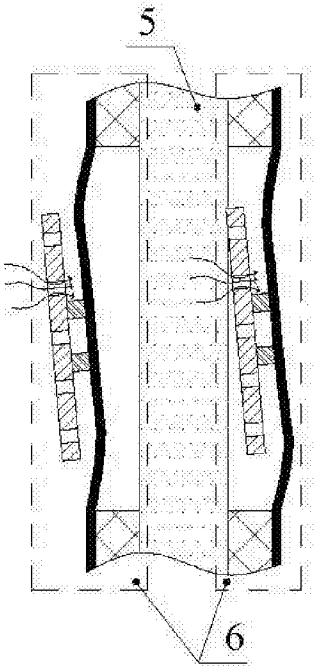

图 4

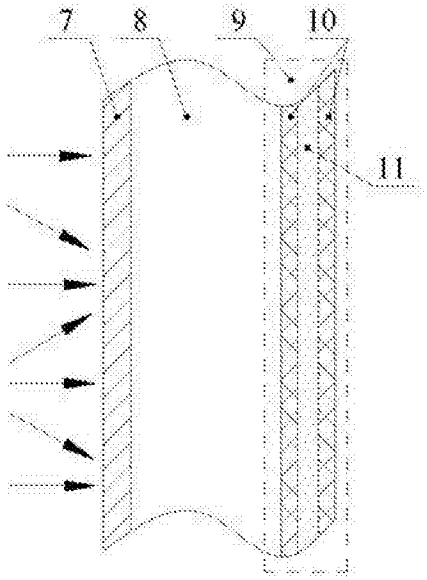

图 5

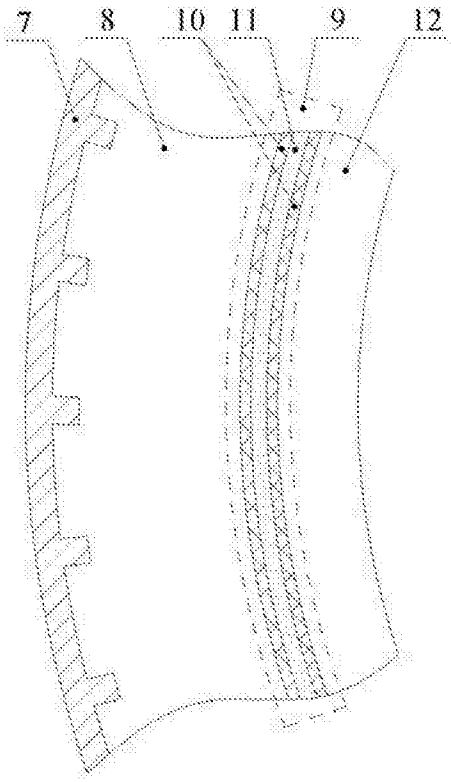

图 6

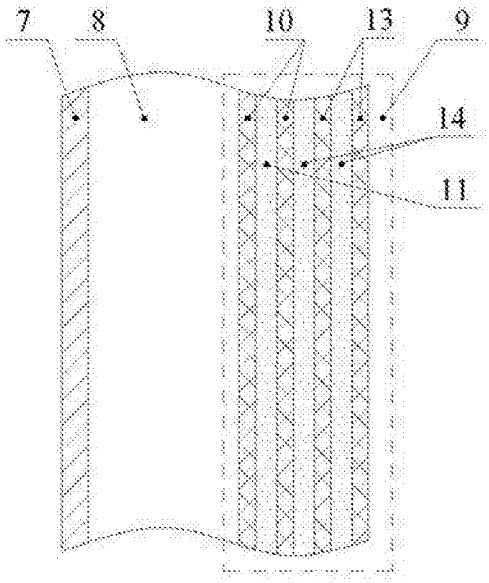
7
8
10
13
9
14
11

图 7

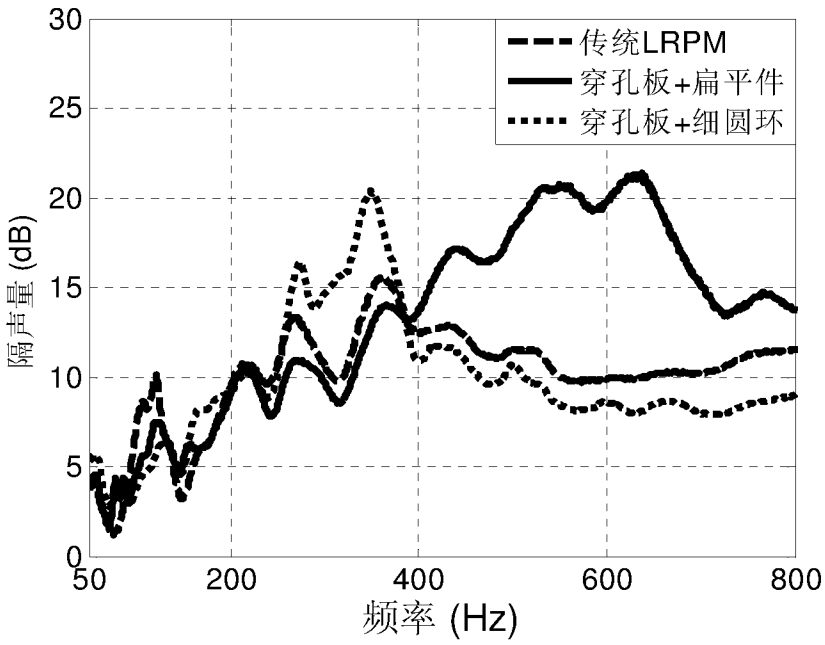
传统LRPM
穿孔板+扁平件
穿孔板+细圆环
隔声量 (dB)
频率 (Hz)
0
5
10
15
20
25
30
50
200
400
600
800

图 8

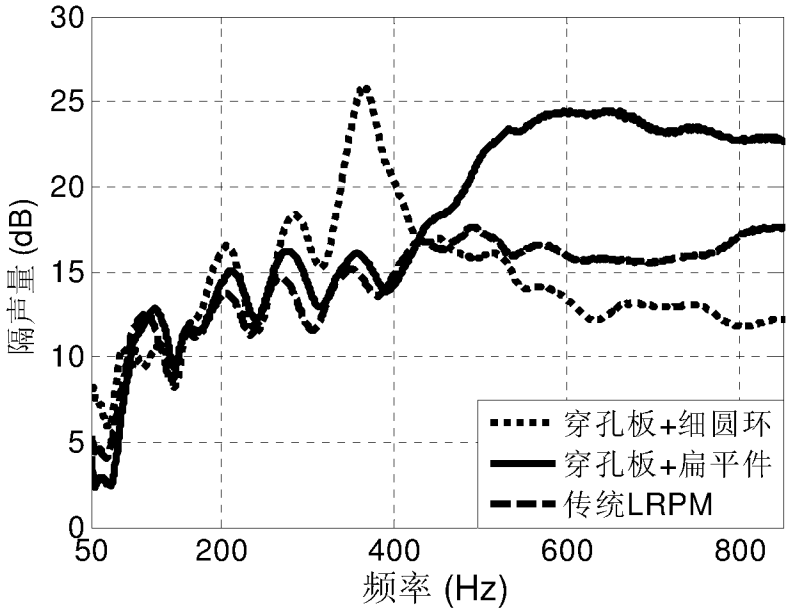
30
25
20
15
10
5
0
隔声量 (dB)
50
200
400
600
800
频率 (Hz)
穿孔板+细圆环
穿孔板+扁平件
传统LRPM

图 9

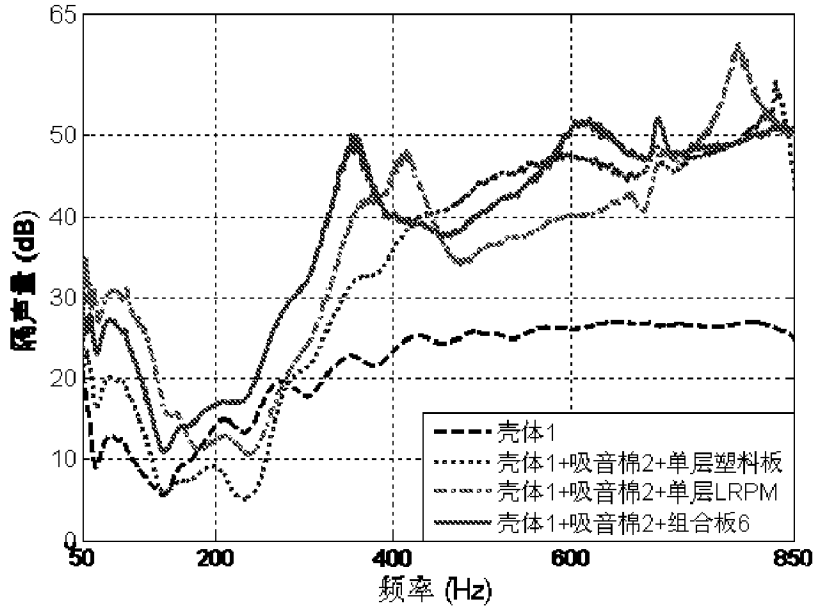
65
50
40
30
20
10
0
隔声量 (dB)
50
200
400
600
850
频率 (Hz)
壳体1
壳体1+吸音棉2+单层塑料板
壳体1+吸音棉2+单层LRPM
壳体1+吸音棉2+组合板6

图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2014/081328

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B32B 3/08 (2006.01) i; B32B 27/12 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B32B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNTXT; CNABS; CPRS; CNKI; WPI; DWPI; EPODOC: SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY, dumb board; HUANG, Zhenyu; elasticity, medium and low frequency, sound absorption, sound w insulation, absorb, celotex, frequency, audio w frequency, elastic w membrane, abatvoix, acoustic w board

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 1664920 A (RSM TECHNOLOGIES LTD.), 07 September 2005 (07.09.2005), claims 1-15, description, page 1, third paragraph from the bottom to page 3, paragraph 1, and figures 3 and 4	1-13
Y	CN 202986208 U (BEIJING MUNICIPAL INSTITUTE OF LABOUR PROTECTION), 12 June 2013 (12.06.2013), claims 1-10, description, paragraphs [0002]-[0016] and [0026]-[0034], and figures 1-5	1-13
PX	CN 103738037 A (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY), 23 April 2014 (23.04.2014), claims 1, 5 and 7	11-13

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
15 August 2014 (15.08.2014)	**10 October 2014 (10.10.2014)**
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer **DAI, Ni** Telephone No.: (86-10) **62084984**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2014/081328

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 1664920 A	07 September 2005	US 2005194209 A1	08 September 2005
		JP 2005250474 A	15 September 2005
		ZA 200501779 A	14 September 2005
		AU 2005200771 A1	22 September 2005
		SG 114793 A1	28 September 2005
		NO 20051183 D0	04 March 2005
		NZ 538187 A	29 September 2006
		EP 1571649 A2	07 September 2005
		CA 2499668 A1	05 September 2005
		EP 1571649 A3	23 May 2007
		US 7395898 B2	08 July 2008
		NO 20051183 A	06 September 2005
		KR 20060043361 A	15 May 2006
CN 202986208 U	12 June 2013	None	
CN 103738037 A	23 April 2014	None	

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2014/081328

A. 主题的分类

B32B 3/08(2006.01)i；B32B 27/12(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

B32B

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

CNTXT;CNABS;CPRS;CNKI;WPI;DWPI;EPODOC:隔音板，上海交通大学，隔声板，黄震宇，吸音板，弹性薄膜，吸声板，弹性，中低频，弹性薄片，吸声，吸音，隔声，隔音，sound w insulation，absorb, celotex, frequency, audio w frequency, elastic w membrane, abatvoix, acoustic w board

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
Y	CN 1664920 A (桑德科技有限公司) 2005年 9月 07日 (2005 - 09 - 07) 权利要求1-15，说明书第1页倒数第3段至第3页第1段，图3、4	1-13
Y	CN 202986208 U (北京市劳动保护科学研究所) 2013年 6月 12日 (2013 - 06 - 12) 权利要求1-10，说明书【0002】至【0016】、【0026】至【0034】段，图1-5	1-13
PY	CN 103738037 A (上海交通大学) 2014年 4月 23日 (2014 - 04 - 23) 权利要求1、5、7	11-13

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2014年 8月 15日	2014年 10月 10日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国	戴妮
传真号 (86-10)62019451	电话号码 (86-10)62084984

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2014/081328

检索报告引用的专利文件			公布日（年/月/日）	同族专利			公布日（年/月/日）
CN	1664920	A	2005年 9月 07日	US	2005194209	A1	2005年 9月 08日
				JP	2005250474	A	2005年 9月 15日
				ZA	200501779	A	2005年 9月 14日
				AU	2005200771	A1	2005年 9月 22日
				SG	114793	A1	2005年 9月 28日
				NO	20051183	D0	2005年 3月 04日
				NZ	538187	A	2006年 9月 29日
				EP	1571649	A2	2005年 9月 07日
				CA	2499668	A1	2005年 9月 05日
				EP	1571649	A3	2007年 5月 23日
				US	7395898	B2	2008年 7月 08日
				NO	20051183	A	2005年 9月 06日
				KR	20060043361	A	2006年 5月 15日
CN	202986208	U	2013年 6月 12日		无		
CN	103738037	A	2014年 4月 23日		无		