

透明吸声构件的应用研究

Study on the Transparent Sound Absorbers

撰文 齐会文 闻小明 杨于生 南京常荣噪声控制环保工程有限公司

摘要 介绍了多种能广泛应用于声学装修和噪声治理领域的新型透明吸声构件，并介绍了其在上海帝斯曼（中国）有限公司扩建餐厅中的成功应用。

关键词 透明吸声构件 声学 噪声治理。

0 引言

目前声学装修大多采用传统的多孔纤维性吸声材料，但其污染环境，危害人体健康。并且传统的吸声材料不透明，声学装修效果与原建筑风格不能完全统一，已不能满足现代声学装修的要求^[1]。为此南京常荣噪声控制环保工程有限公司潜心研究开发出了透明吸声材料和由此组成的各类透明吸声构件，并成功应用于实际工程中。以下为简要介绍。

1 透明吸声材料

透明吸声材料是根据声学泰斗马大猷院士著名的“微穿孔板共振吸声理论”^[2]研制而成的。根据实际声场的声音频率范围，采用数控冲床在透明聚碳酸酯材料薄膜或薄板（厚度0.08~2.2mm）上，加工一定数量的微孔（直径0.15~0.6mm），使薄膜或薄板成为微穿孔吸声膜或微穿孔吸声板。由于材料优良的加工性能，微穿孔透明吸声构件比微穿孔金属板吸声构件吸声频带更宽，吸声系数更高，更具有透明、美观、与周围环境协调的优点。

1.1 吸声机理

声波是一种机械波，当声波入射到微穿孔板时，小孔颈中的气体在声波的压力下往返做活塞运动，运动的气体有一定的质量，它在抗拒由于声波的作用而引起的气体运动速度的变化时，产生了一部分能量的损耗；同时声波进入小孔时，由于孔颈壁的摩擦和阻尼，又使一部分声能转化为热能而消耗掉^[2]，因此微穿

孔吸声材料是一种高效的吸声材料，已得到业内的广泛认同。

1.2 特点

透明吸声材料有以下几个特点：

（1）具有较好的防火性能，可达到国家标准《建筑材料燃烧性分级方法》（GB8624-1997）中的难燃B1级；

（2）能把吸声与建筑装饰有机地结合在一起，在不改变原有建筑设计风格的条件下，满足声学装修的要求，并且能满足个性化的装饰需求；

（3）利用透明聚碳酸酯材料良好的机械加工性能，实现了吸声板厚而孔径小的要求，可以大幅度提高吸声频带的宽度；

（4）可以根据声场的频率范围，有针对性地进行设计，通过调整材料各类参数提高其吸声性能，声学指标优于金属吸声构件；

（5）具有独特的透明度，能满足现场透明采光、防潮及防静电、抗紫外线的要求；

（6）具有无毒性、重量轻等特点，并且在使用后不会产生二次污染。

2 透明吸声构件

透明吸声构件主要由透明吸声材料和骨架组成，透明吸声材料由透明聚碳酸酯材料冲孔加工而成，大面积的骨架由透明聚碳酸酯材料加工而成，局部骨架由不锈钢材料加工而成，在保证产品强度的前提下，满足整体通透的视觉效果。



图1 透明空间吸声体。



图2 圆柱型透明空间吸声体

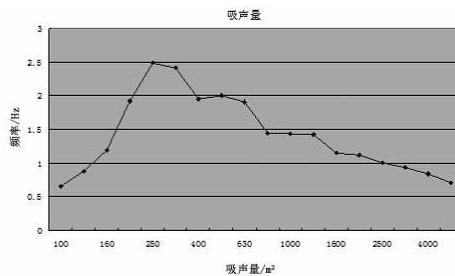


图3 单只圆柱形透明空间吸声体吸声量



图4 透明吸声构件安装后照片。

根据安装位置的不同，透明吸声构件分为透明墙面吸声构件和透明空间吸声体。根据外形不同，透明空间吸声体分为圆柱形、平板形、梯形、尖劈形、圆柱形、半圆形、圆锥形、三棱锥形、四棱锥形等多种形状（图1）。

根据不同的使用场合和吸声效果，可选用不同形状的透明空间吸声体，并在一定范围内调整穿孔率、孔径大小以及背后空腔的厚度等，从而使得透明吸声构件的吸声效果更显著。

为了验证透明空间吸声体的吸声效果，在同济大学声学混响室对圆柱形透明空间吸声体做了吸声测量，图2为测试现场照片，透明空间吸声体最大外形尺寸为 $\phi 700\text{mm} \times 1500\text{mm}$ ，图3为测试结果。

3 透明吸声构件应用的典型案例

上海帝斯曼（中国）有限公司扩建餐厅兼做会议厅，因此餐厅建筑声学装修的目的主要是满足会议扩声对语言清晰度的要求。扩建餐厅平面形状基本呈矩形，面积 226m^2 （水平投影），平均高度约为 7.85m ，有效容积约为 1775m^3 。扩建餐厅主要为玻璃幕墙结构，玻璃幕墙对声音有很大的反射作用，增加了室内混响时间，业主经考察后采用了我公司研制的透明吸声构件——透明吸声墙体和透明空间吸声体。根据扩建餐厅内主要建筑声学设计指标，我们对餐厅内透明吸声构件布置如下：

（1）吊顶悬挂透明空间吸声体，总表面积约 156m^2 ，共有两种形式：圆柱形（外形尺寸为 $\phi 700\text{mm} \times 1500\text{mm}$ ）和梯形（外形尺寸为 $2000\text{mm} \times 900\text{mm} \times 300/150\text{mm}$ ）。其中圆柱形空间吸声体33个，梯形空间吸声体16个，均悬挂在吊挂灯具的支架上，与灯具融为一体、相得益彰（图4）。

（2）墙面从 2.920m 高度（从建筑地面标高 0.0 计算）至屋顶之间的范围内（即玻璃幕墙的第4~8道横梁之间），在幕墙室内侧铺设透明墙面吸声构件（外形尺寸为 $1528\text{mm} \times 885\text{mm} \times 25\text{mm}$ ），总面积约 37m^2 。透明墙面吸声构件后面的空腔厚度约为 115mm 。

扩建餐厅安装透明空间吸声体（包括圆柱形和平板形）和透明墙面吸声构件后，我方和同济大学声学研究所、上海帝斯曼于2010年10月19日对扩建餐厅透明吸声构件安装效果进行了最终验收。依据ISO 3382-3:2008《声学 室内声学参量的测量室内混响时间》，现场测量扩建餐厅内声学特性结果见表1。

表1 室内平均混响时间 RT_{60}

频率/Hz	125	250	500	1000	2000	4000
RT_{60}/s	1.0	0.9	0.9	1.0	1.1	1.0

可以看出，扩建餐厅内中高频混响时间为 $0.9\sim 1.0\text{s}$ ，各频带混响时间基本一致，声场分布均匀，满足会议使用要求，达到了预期的设计目标——混响时间不超过 1.2s 。10月27日扩建餐厅举行了一次大型活动，音箱设备声学效果很好，业主非常满意。

4 应用展望

透明吸声构件融强吸声、装饰观赏、防潮、防腐、防紫外线等多种功能于一体，适合于一般降噪场所，如工业场所等；更适合于对净化和声环境要求较高的高档场所，如影剧院、体育馆、KTV、演播厅、多功能厅、会议厅、净化机房、医院等。特别适用于玻璃幕墙、透明吊顶等一些需要透明视觉效果场合以及装修中不能改变原设计风格的场所。随着人们审美意识和对周围声环境质量要求的不断提高，透明吸声构件也将有广阔的应用前景。▲

参考文献

- [1] 张守梅, 曾令可, 黄其秀. 环保吸声材料的发展动态及展望[J]. 陶瓷学报, 2002 (1).
- [2] 马大猷. 噪声与振动控制工程手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [3] 王季卿, 宋拥民, 盛胜我. 微穿孔空间吸声体的实验研究[J]. 声学学报, 2004 (4).
- [4] 彭小云, 吴雪峰. 微穿孔金属板空间吸声体的吸声特性[J]. 华东交通大学学报, 2000 (1).

第一作者简介

齐会文, 工学硕士, 就职于南京常荣噪声控制环保工程有限公司研发部, 从事噪声污染控制与治理、新型声学材料研究与应用方面工作。