

研究论文

穿孔中密度纤维板的吸声性能

朱广勇¹, 彭立民¹, 刘毅², 傅峰¹, 王东¹, 宋博骐¹

(1. 中国林科院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091;

2. 北京林业大学, 北京 100083)

摘要: 为了给穿孔中密度纤维板(MDF)的设计、加工及应用提供依据,采用阻抗管传递函数法,测试分析板厚、孔径、穿孔率和板后空腔深度对其吸声性能的影响。结果表明:穿孔 MDF 的吸声性能受板厚、孔径、穿孔率和板后空腔深度的共同影响,按优化工艺参数(板厚 15 mm,孔径 3 mm,穿孔率 3.14%~4.91%,空腔深度 50 mm),穿孔 MDF 的吸声系数峰值可超过 0.6。

关键词: 穿孔中密度纤维板; 吸声系数; 孔径; 穿孔率; 空腔深度

中图分类号: TS653.6

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2015)02-0005-04

Sound Absorption of Perforated Medium Density Fiberboard

ZHU Guang-yong¹, PENG Li-min¹, LIU Yi², FU Feng¹, WANG Dong¹, SONG Bo-qi¹

(1. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry;

Key Laboratory of Wood Science and Technology, State Forestry Administration, Beijing 100091, China;

2. Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: In order to provide a theoretical basis for designing and processing perforated medium density fiberboard (perforated MDF) for sound absorption, the effects of hole diameter, perforation rate and cavity depth behind the perforated MDF were evaluated by impedance-tube transfer function method. Under the following optimum conditions, such as 15 mm thickness, 3.14% ~ 4.91% perforation rate and 50 mm cavity depth behind the perforated MDF, the maximum sound absorption coefficient for perforated MDF could reach 0.6.

Key words: perforated MDF; sound absorption coefficient; hole diameter; perforation rate; depth of cavity

吸声性能是材料声学特性的一个重要指标,通常以吸声系数表示。木质材料是家居装修及室内设计广泛运用的材料,但木质人造板的吸声系数小于 0.2,属于吸声性能较差的材料^[1],而对木质材料进行

穿孔加工后,其吸声系数可明显提高^[2]。

木质人造板中的中密度纤维板(MDF)结构均匀,尺寸稳定,不仅具有较高的力学性能及良好的机械加工性能,容易锯切、钻孔、开槽、开榫,且具有优良的装饰性能,被广泛用于建筑的室内装修和音响器材制作。但是直接使用 MDF,并不能起到控制噪音、优化室内声环境的作用。

音乐厅、影剧院等建筑物对声学效果有特殊要求,声波在建筑物内部传播的频率段和吸声值等,需

收稿日期: 2014-05-05; 修改日期: 2015-02-12

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划课题“家装材与室外材增值制造技术研究示范”(2012BAD24B02)。

作者简介: 朱广勇(1989—),男,中国林科院木材工业研究所硕士研究生。

责任作者: 彭立民,男,中国林科院木材工业研究所副研究员。

根据建筑物的空间大小和形状进行设计。因此,了解不同材料的吸声性能,对合理设计与应用吸声材料十分必要。鉴于此,笔者以 MDF 为基材,采用不同的穿孔加工工艺,测试不同穿孔 MDF 的吸声性能,旨为 MDF 穿孔加工的工艺优化、推广应用,提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

中密度纤维板(MDF),外购,三种规格:1)厚度 10 mm,密度 723.0 kg/m^3 ;2)厚度 15 mm,密度 719.0 kg/m^3 ;3)厚度 20 mm,密度 717.0 kg/m^3 。

1.2 主要仪器

阻抗管测试系统:阻抗管(直径 100 mm)SW422;阻抗管(直径 30 mm)SW477。

1.3 试验设计

以板厚 t 、孔径 d 、穿孔率 P 和板后空腔深度 L 等 4 个因子为变量,进行全因子试验。先以板厚、孔径和穿孔率 3 个因子的不同水平组合加工试板,每组参数 3 块试板,共计 81 块;再将加工的穿孔板,以 3 种不同的空腔深度进行安装测试。

各因子水平设置如下:

1) 孔径:通常普通吸声穿孔板的孔径要求为 1~10 mm,但对 MDF 而言,1~2 mm 的孔径难以加工,且成本较高。故本试验选取三种孔径规格分别为: $d_1=3 \text{ mm}$; $d_2=6 \text{ mm}$; $d_3=9 \text{ mm}$ 。

2) 穿孔率:穿孔板的穿孔率越高,声阻抗越小,吸声作用越弱。为确保用作吸声结构的穿孔板具有一定的声阻抗,吸声板的穿孔率不宜大于 10%。

最初取理论穿孔率为 3%、5%、8%;加工时对孔间距进行圆整修正,计算调整后的实际穿孔率为: $P_1=3.14\%$, $P_2=4.91\%$, $P_3=7.07\%$ 。

3) 板后空腔深度:在实际安装时,穿孔板后空腔深度小,则共振微弱,吸声效果差。设置空腔深度为 25、50 和 100 mm 进行测试,共测得 243 组数据。

1.4 性能测试

按 GB/T 18696.2-2002《声学 阻抗管中吸声系数和声阻抗的测量 第二部分:传递函数法》,在温度 20°C 、相对湿度 50%条件下,测试试板的吸声系数和共振频率。共振频率位置对应吸声系数峰值;吸声系数越大,说明板材的吸声性能越好。

2 结果与分析

2.1 变量因子对试板吸声性能影响的直观分析

2.1.1 MDF 厚度

选取孔径 3 mm、孔中心间距 12 mm、穿孔率 4.91%的试板,测试在其后空腔深度为 100 mm 时的吸声性能,结果如图 1 所示。

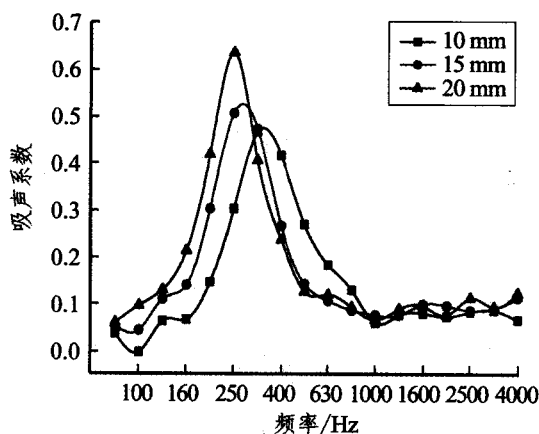


图 1 不同厚度的穿孔 MDF 的吸声系数

Fig. 1 Sound absorption coefficient vs. thickness of perforated MDF

穿孔板的声阻抗由声阻和声抗组成^[3-4]。板厚增加,等效于开孔深度加深,有效空气柱质量增加,空气柱与孔壁摩擦亦增加。声阻增大,声抗亦增大,声波从空气腔进出穿孔板的损耗增多,吸声系数峰值增大,宽度变窄。

从图 1 可见:

1) 在中低频段(频率低于 1 000 Hz),不同厚度试板的吸声系数差别明显。随着板厚的增加,吸收频带的宽度变窄,吸声系数峰值增大,共振频率偏移到较低的频率位置。

在达到吸声系数峰值前的频率段,试板的吸声系数随着频率的增加而逐渐增大,且板越厚,吸声系数越大;当超过共振频率后,试板的吸声系数又随着频率的增加而逐渐减小。

2) 在频率大于 1 000 Hz 后,几种厚度试板的吸声系数较为接近,均为 0.1 左右,说明在高频段板材厚度对其吸声系数没有影响。

原因是频率大于 1 000 Hz 后,偏离共振频率较远,试板的吸声系数很小,几乎没有吸声效果,所以增加板厚并不能改善试板的吸声性能。

2.1.2 加工孔径

在板厚 20 mm、穿孔率 3.14%、空腔深度 50 mm 时,不同孔径试板的吸声性能测试结果,如图 2 所示。

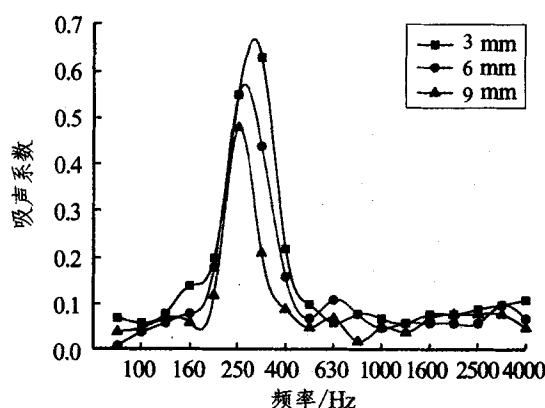


图2 不同孔径的穿孔 MDF 的吸声系数

Fig. 2 Sound absorption coefficient vs. hole diameter of perforated MDF

由图 2 可知,孔径 3 mm 试板的共振频率最高。这是因为随着孔径增加,穿孔板结构的声阻、声抗均减小,声波从空气腔进出穿孔板时损耗减少,吸声频带变窄,故吸声系数峰值变小。

在低频段(80~250 Hz),孔径 3 mm 试板的吸声系数较大,但与另外 2 种孔径试板的吸声系数差异非常小。

在中低频段(250~500 Hz),不同孔径试板的吸声系数差异明显。加工的孔径越小,试板的吸声系数越大。

在中高频段(500~4 000 Hz),3 种孔径试板的吸声系数曲线交织在一起,波动范围几乎保持水平,差异较小。

2.1.3 穿孔率

板厚 10 mm、孔径 6 mm、空腔深度 25 mm 时,试板的穿孔率对其吸声性能的影响,如图 3 所示。

由图 3 可知,3 种穿孔率的试板,共振频率分别为 500、630、800 Hz。随着穿孔率的增加,试板上的穿孔面积增大,声阻减小。由于板后空腔深度不变,声抗不变,声波从空气腔进出穿孔板的损耗减少,吸声频带宽度变宽,吸声系数峰值变小,共振频率向高频方向移动。但无论在低频段(80~315 Hz)还是高频段(1 250~4 000 Hz),穿孔率对试板的吸声系数均无明显影响。

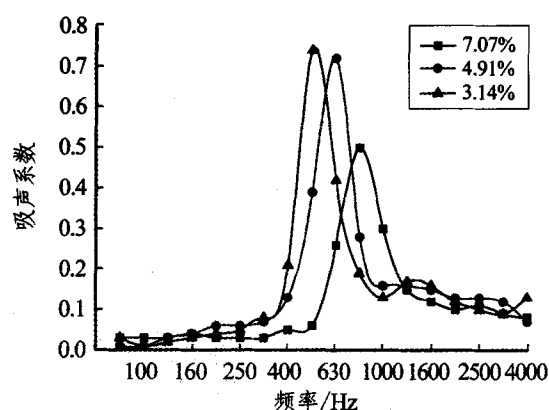


图3 不同穿孔率的 MDF 的吸声系数

Fig. 3 Sound absorption coefficient vs. perforation rate of perforated MDF

2.1.4 空腔深度

选用厚度 15 mm、孔径 3 mm、穿孔率 7.07% 的试板,在不同空腔深度时的吸声性能,见图 4。

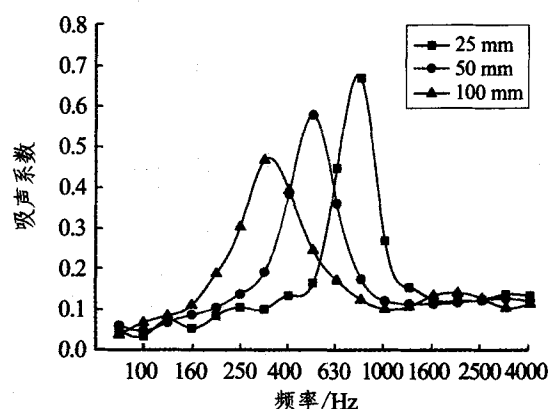


图4 不同空腔深度时穿孔 MDF 的吸声系数

Fig. 4 Sound absorption coefficient vs. depth of the cavity behind the perforated MDF

图 4 显示,空腔深度为 25、50、100 mm 时,穿孔板的吸声系数峰值不断减小,对应共振频率分别为 800、500、315 Hz。

空腔深度增加,试板的孔径和穿孔面积不变,声阻不变,声抗减小,声波从空气腔进出穿孔板的损耗减少,共振频率向低频方向移动,吸声系数曲线的坐标跨度加大,横坐标以 1/3 倍频程中心频率等间距分布,所以,穿孔板后空腔深度对其吸声频带宽度无影响。

2.2 变量因子的相关性分析

采用 SPSS18.0 进行偏相关分析,各因子对试板吸声系数峰值和共振频率的相关性,见表 1。

表1 各因子对试板吸声性能的偏相关分析

Tab. 1 Partial correlation analysis of factors on absorption properties

变量	指标	吸声系数峰值	共振频率
板厚	相关系数	0.091	-0.431
	显著性(双尾)	0.161	0.000
孔径	相关系数	-0.524	-0.350
	显著性(双尾)	0.000	0.000
穿孔率	相关系数	-0.381	0.682
	显著性(双尾)	0.000	0.000
空腔深度	相关系数	-0.530	-0.836
	显著性(双尾)	0.000	0.000

注:自由度均为 238。

表2结果显示,板厚对试板吸声系数峰值的影响较小,与共振频率呈低度负相关;孔径与吸声系数峰值显著负相关,与共振频率呈中等负相关;板后空腔深度与吸声系数峰值、共振频率,均呈显著负相关。表明增加板厚、孔径和空腔深度时,试板的共振频率将向低频方向移动,在较低频段吸声系数达到峰值。

试板穿孔率与吸声系数峰值呈中等负相关,与共振频率呈显著正相关,即随着穿孔率的增加,穿孔板的吸声系数峰值略有减小,共振频率向高频方向移动,在较高频率处吸声系数达到最大值。

3 结论

1) 影响穿孔 MDF 吸声系数峰值的因子排序为:空腔深度、孔径、穿孔率和板厚;影响共振频率的因子

依次为:空腔深度、穿孔率、板厚、孔径。安装穿孔板时预留适当的空腔深度,可显著提高吸声效果。

2) 综合考虑,确定穿孔 MDF 吸声结构的较优加工参数为:板厚 15 mm,孔径 3 mm,穿孔率 3.14%~4.91%,空腔深度 50 mm。按此参数加工的穿孔 MDF 试板,其吸声系数峰值超过 0.6,达到吸声材料的要求。

3) 研究结果将有助于设计师了解穿孔 MDF 的吸声特性和设计应用。穿孔 MDF 独特的吸声规律(吸声频带宽度仅几十到几百赫兹,且集中在中低频;吸声系数峰值达 0.7 以上),使其尤其适用于影剧院、报告厅、会议室等需要避免声聚焦现象的场合,还可用于候机、候车厅等较嘈杂的场所,以保证广播播音的清晰度。此外,也可用于阅览室、精密仪器仪表控制室等安静场所。

参考文献:

- [1] 江贵军. 木质人造板的吸声性能试验分析[J]. 林业科技, 2008, 33(20): 51-53.
- [2] 侯清泉. 木质穿孔板结构的吸声性能及模拟仿真研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2012.
- [3] 周晋花, 左言言, 刘海波, 等. 复合穿孔板吸声结构的声学特性分析与应用[J]. 农业机械学报, 2007, 38(12): 157-159.
- [4] 李伟森. 穿孔板吸声体的原理及应用[J]. 世界专业音响与灯光, 2008, 6(6): 42-47.

(责任编辑 向琴)

展 讯

一展双翼, Ciff 2015 助力中国家居业腾飞



中国(广州)国际家具博览会和中国(上海)国际家具博览会(简称 Ciff 家具展),从 2015 年开始,将分别于每年 3 月在广州琶洲的中国进出口商品交易会展馆、9 月

在上海虹桥的国家会展中心举行,形成南北呼应、春华秋实的中国国际家具展举办格局。

2015 年 3 月的 Ciff 广州家具博览会第一期展会,将于 18—22 日举行,是全球瞩目的“大家居”时尚潮流盛宴,规模达 37 万 m²,展览题材有民用家具、家居饰品、户外家居及休闲用品等。

3 月 28—4 月 1 日为 Ciff 广州家具博览会的第

二期,以办公环境展、生产设备及配料展为主题,展会规模达 35 万 m²,共有办公系统家具、酒店家具、公共家具、家具生产设备及配料等题材参展。

秋季的 9 月 8—12 日, Ciff 上海虹桥家具展将首次启用国家会展中心(上海)的全部展馆,展会同时设立民用家具、办公家具、设备辅料、时尚设计、国际品牌等展区,展览规模超过 40 万 m²。

纵观 2015 年 Ciff 家具展的年度展览规模,将再破历史纪录,达 112 万 m²,来自全球 32 个国家和地区的 4 500 多家海内外品牌参展。

随着 2015 年 Ciff 上海虹桥家具展的腾空而起,中国家具业展会最强劲有力的两翼应运而生。