

桉木多层穿孔吸声板的制备及吸声性能评价

王军锋, 雷福娟, 黄腾华

(广西壮族自治区林业科学研究院, 广西南宁 530002)

摘要: 采用桉木多层胶合板制备穿孔吸声板, 探讨孔径、穿孔率、胶合板厚度等因素对其吸声性能的影响。结果表明: 穿孔率和胶合板厚度对试板吸声性能的影响极显著, 孔径无显著性影响; 制备穿孔吸声板较优工艺为: 孔径 3 mm、穿孔率 14%、板厚 18 mm; 在声波频率 100~6 300 Hz 范围内, 穿孔吸声板的平均吸声系数为 0.5, 在 1 700 Hz 附近, 穿孔吸声板吸声性能最好。

关键词: 桉木胶合板; 穿孔吸声板; 吸声系数; 吸声频率

中图分类号: TS653; TU112 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654 (2018) 04-0001-04

Preparation of Perforated Acoustic Panels Made of Eucalyptus Plywood and Evaluation of Acoustic Absorption Properties of the Panels

WANG Jun-feng, LEI Fu-juan, HUANG Teng-hua

(Guangxi Zhuang Autonomous Region Forestry Research Institute, Nanning 530002, Guangxi, China)

Abstract: Effects of aperture diameter, perforative ratio and thickness of perforated panels made of eucalyptus plywood on acoustic absorption properties of the panel were studied.

The results showed that thickness and perforative ratio had significant impact on acoustic absorption properties of the panels. The perforated acoustic panels with 18 mm panel thickness, 3 mm aperture diameter and 14% perforative ratio showed good acoustic absorption properties. Average sound absorption coefficient of the panels could reach 0.5 in the range of 100~6 300 Hz of acoustic frequency but the panel had the best acoustic absorption performance at 1 700 Hz acoustic frequency.

Key words: Eucalyptus plywood; perforated acoustic panel; sound absorption coefficient; acoustic frequency

木质材料作为家居装修及室内设计的主要材料, 其吸声系数小于 0.2, 并非良好的吸声材料^[1]。利用赫姆霍兹共振器原理^[2], 通过穿孔, 可制备出具有吸声功能的木质板材。

目前, 市场上常见的木质穿孔吸声板均以中密度纤维板为基材制备, 因板材孔内截面无法饰面, 增加了裸露在空气中的面积, 在一定程度上增加了甲醛释放量, 且孔洞周围板材易吸湿膨胀, 影响吸声效果。

鉴于此, 笔者尝试以桉木多层胶合板为基材制备穿孔吸声板, 通过阻抗管测定板材的吸声性能^[3], 探究不同制备工艺对穿孔吸声板吸声性能的影响, 为桉木多层穿孔吸声板的制备及其在吸声材料领域的推广和应用提供参考。

收稿日期: 2018-03-07; 修改日期: 2018-04-27

基金项目: 广西林业科技项目“桉木多层复合穿孔吸声板的研究”(桂林科研(2015)第14号); 广西科技重大专项“饰面胶合板与细木工板制造关键技术研究及示范”(桂科AA17204087-13)。

作者简介: 王军锋(1986—), 男, 广西林业科学研究院工程师, 博士研究生。

1 材料与试验方法

1.1 试验材料

1) 桉木多层胶合板, 厚度分别为: 6、12、18 mm, 幅面尺寸 1 220 mm×2 440 mm, 含水率 12%;

2) 三聚氰胺浸渍纸, 原纸定量 90 g/m², 浸胶量 130%, 预固化度 50%; 幅面为 1 300 mm×2 600 mm;

3) 胶黏剂, 乳白色, 固体含量 50%, 黏度 2 000 mPa·s; 用于板背面贴无纺布;

4) 无纺布, 面密度 60~70 g/m³, 厚度为 0.2 mm。卷材, 幅面宽度 1 300 mm。

上述材料均为外购。

1.2 试验设备

贴面热压机; 数控机床; 阻抗管。

1.3 试验设计

1.3.1 孔洞设计 穿孔吸声板的孔为圆形, 孔洞排列见图 1。穿孔率^[4](p)和孔间距(B)分别按照公式 1 和 2 计算。

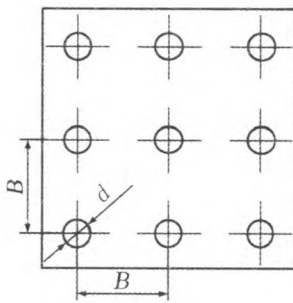


图 1 圆孔排列示意图

Fig.1 Diagram of circular hole arrangement

$$p = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d}{B} \right)^2 \times 100\% \quad (1)$$

$$B = \frac{d}{2} \sqrt{\frac{\pi}{p}} \quad (2)$$

式中: p —穿孔率, %; d —孔径, mm; B —孔间距, mm。

1.3.2 因素与水平设计 根据前期预试验结果, 选定板材背后空腔深度为 20 mm, 以板材的厚度、孔径、穿孔率为变量, 因子及水平列于表 1, 每组试验重复三次。通过全因子试验, 确定较优参数。

1.4 吸声板制备

工艺流程: 桉木多层胶合板→表面贴覆三聚氰胺浸渍纸→穿孔→背贴无纺布。

表 1 试验因素与水平

Tab.1 Experimental factors and levels

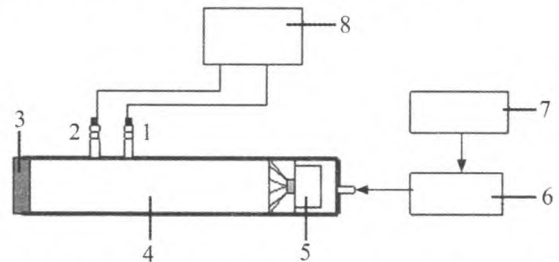
因素	水平		
	1	2	3
A 板厚/mm	6	12	18
B 孔径/mm	3	6	9
C 穿孔率/%	2	8	14

吸声板的幅面为 1 220 mm×2 440 mm。每个条件制备 3 块板材。其中, 三聚氰胺浸渍纸饰面采用低温低压长周期工艺制备, 热压温度 120 °C, 压力 0.9 MPa, 时间 9 min; 穿孔吸声板背面覆贴无纺布采用喷胶方式, 施胶量为 100 g/m², 胶黏剂可常温固化。

1.5 性能测定

根据 GB/T 18696.2-2002《声学 阻抗管中吸声系数和声阻抗的测量 第 2 部分: 传递函数法》, 采用阻抗管测试吸声系数。

试样分别为直径 100 mm (测试频率 100~1 600 Hz) 和 30 mm (测试频率 1 600~6 300 Hz) 的圆盘, 每隔 10 Hz 测量一次。每个条件测试 3 组试样, 每组重复测试 3 次。设备的结构示意图见图 2。



1. 传声器 A; 2. 传声器 B; 3. 测试样品; 4. 阻抗管; 5. 声源
6. 放大器; 7. 信号发生器; 8. 频率分析仪

图 2 阻抗管检测设备结构示意图

Fig.2 Structural diagram of impedance tube instrument

2 结果与分析

2.1 因素水平的影响

由于桉木多层穿孔吸声板的吸声系数峰值表现在不同的声波频段, 为方便统计分析, 以整个频段吸声系数的平均值为吸声性能的评价指标。吸声系数测试结果见表 2, 因子的显著性分析见表 3。

由表 2、3 可知, 多层穿孔吸声板的厚度、穿孔率对其吸声系数有极显著影响, 孔径对其吸声系数的影响不显著。三个因素的影响顺序为: 穿孔率>板材厚度>孔径。

表2 穿孔吸声板的吸声系数
Tab.2 Sound absorption coefficient of perforated acoustic panels

编号	A 板厚/mm	B 孔径/mm	C 穿孔率/%	吸声系数
1	6	3	2	0.23
2	6	3	8	0.35
3	6	3	14	0.43
4	6	6	2	0.18
5	6	6	8	0.34
6	6	6	14	0.48
7	6	9	2	0.17
8	6	9	8	0.31
9	6	9	14	0.40
10	12	3	2	0.24
11	12	3	8	0.40
12	12	3	14	0.50
13	12	6	2	0.25
14	12	6	8	0.34
15	12	6	14	0.50
16	12	9	2	0.21
17	12	9	8	0.29
18	12	9	14	0.43
19	18	3	2	0.44
20	18	3	8	0.43
21	18	3	14	0.48
22	18	6	2	0.37
23	18	6	8	0.35
24	18	6	14	0.41
25	18	9	2	0.39
26	18	9	8	0.43
27	18	9	14	0.43
K_1	0.32	0.39	0.28	
K_2	0.35	0.36	0.36	
K_3	0.41	0.34	0.45	
R	0.09	0.05	0.17	

表3 穿孔吸声板的吸声系数显著性分析

Tab.3 Variance of analysis on sound absorption coefficient of perforated acoustic panels

因子	III型平方和	自由度	均方	F	显著性
板厚	0.040	2	0.020	7.092	0.005**
孔径	0.011	2	0.006	1.913	0.174
穿孔率	0.139	2	0.069	24.080	0.000**
误差	0.058	20	0.003		
总计	3.791	27			

注: *表示显著, **表示极显著。

2.1.1 孔径

表2、3显示,随着孔径增大,穿孔吸声板的吸声系数呈现减小的趋势,但影响不显著;图3是不同孔径条件下,穿孔吸声板平均吸声系数的测试结果,亦验证了这一结果。

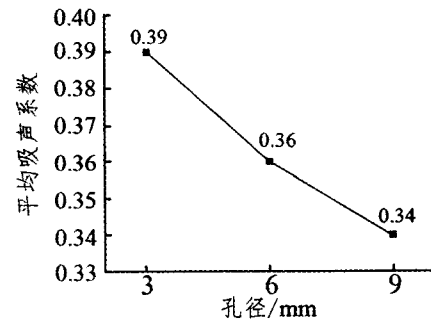


图3 不同孔径条件下穿孔吸声板的吸声系数

Fig.3 Sound absorption coefficient of perforated acoustic panels with different aperture diameters

一般来说,大孔径比小孔径的吸声频带窄,平均吸声系数减小^[5]。原因是孔径增加,共振频率向低频方向移动,声阻、声抗、声波进出穿孔结构的损耗均减小。

另外,在相同穿孔率的条件下,小孔的孔间距较小,孔间相互作用提高了孔本身的声阻抗^[6],拓宽了穿孔吸声板对声波的吸收频带。

因此,在穿孔率等其他条件相同的前提下,在3~9 mm范围内,孔径越小,穿孔吸声板的吸声系数越高。对<3 mm的孔径,考虑到受木材干缩湿胀对孔径的影响,以及小孔加工难度增加等因素,本试验选择较优的孔径为3 mm。

2.1.2 穿孔率

不同穿孔率时穿孔吸声板的吸声系数,见图4。由表2、3可知,穿孔率对吸声系数的影响极显

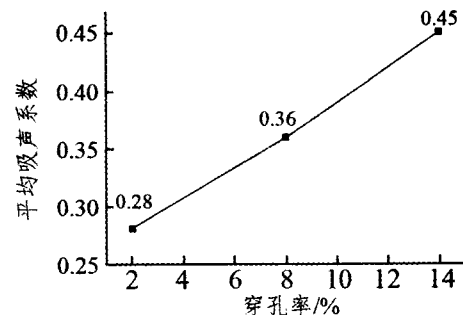


图4 不同穿孔率条件下穿孔吸声板的吸声系数

Fig.4 Sound absorption coefficient of perforated acoustic panels with different perforative ratios

著;由图4可知,穿孔率在2%~14%范围时,平均吸声系数呈递增趋势。原因是:穿孔率增加,共振频率向高频方向移动;声抗不变,声阻和声波进出穿孔板结构损耗均减少,故吸声系数峰值减小;但频带变宽,其引起的吸声系数增幅,大于吸声系数峰值减小引起的降幅。因此,总体平均吸声系数增大。

当穿孔吸声板穿孔率>20%时,不再属于空腔共振吸声结构,多用于多孔吸声材料面层,起保护支撑和装饰作用。综合考虑穿孔吸声板的吸声系数和强度等因素,本试验选择较优的穿孔率为14%。

2.1.3 板材厚度

不同厚度试板的吸声系数测定结果,如图5所示。

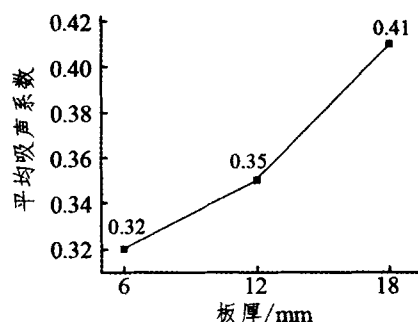


图5 不同厚度穿孔吸声板的吸声系数

Fig.5 Sound absorption coefficient of perforated acoustic panels with different panel thicknesses

图5显示,试板厚度在6~18 mm范围内,平均吸声系数随着板材厚度的增加而增加;由表2、3可知,板厚对吸声系数具有影响显著。

穿孔吸声板吸声结构,是由带孔洞的板材与板后空腔组成的共振构件^[7]。当板厚增加时,共振频率向低频方向移动;声阻、声抗均增大,声波进出穿孔板结构损耗增多,吸声系数峰值增大;频带变窄。吸声系数峰值增大,引起的吸声系数增幅大于频带变窄引起吸声系数的降幅。因此,总体平均吸声系数增大。

此外,板材越厚成本越高。综合考虑穿孔吸声板的制备成本和厚度的影响,本试验选择较优厚度为18 mm。

2.2 验证试验

根据上述试验结果确定的桉木多层穿孔吸声板的较优工艺参数:孔径3 mm、穿孔率14%、板厚18 mm,制备穿孔吸声板的吸声系数随声波频率的变化结果,见图6。

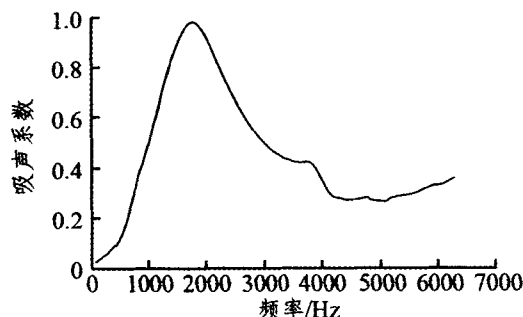


图6 不同频率下穿孔吸声板的吸声系数

Fig.6 Sound absorption coefficient of perforated acoustic panels under different acoustic frequencies

由图6可知,声波频率在100~6300 Hz范围内,平均吸声系数为0.5,在1700 Hz处穿孔吸声板的吸声系数达到最大值,为0.95,表明该工艺制备的穿孔吸声板的中频吸声效果良好。

3 结论

1) 在本试验范围内,穿孔率和板材厚度对穿孔吸声板吸声性能影响极显著,孔径无显著性影响;影响顺序为:穿孔率>板材厚度>孔径。

2) 在100~6300 Hz范围内,优化制备工艺参数为:孔径3 mm、穿孔率14%、板厚18 mm;制备的穿孔吸声板平均吸声系数为0.5,在1700 Hz左右的中频段吸声系数最大。

3) 穿孔吸声板可应用于对音质环境要求比较高的影剧院、音乐厅、体育馆、会议中心、报告厅及图书馆等公共建筑的室内吊顶和内墙装饰,为桉木胶合板开辟新的应用途径。

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(2): 51-53.
- [2] 吕如榆. 吸声材料的吸声机理和设计原则[J]. 噪声与振动控制, 1983(3): 53-59.
- [3] 袁健, 林胜, 贺才春. 阻抗管中吸声系数的传递函数测量法[J]. 噪声与振动控制, 2006, 26(1): 68-70.
- [4] 曲晓立, 曹沛君. 木质穿孔吸声板的吸声特性及应用[J]. 现代装饰(理论), 2015(2): 27-29.
- [5] 钟祥瑞. 建筑吸声材料与隔声材料[M]. 2版. 北京: 化学工业出版社, 2012.
- [6] 葛俊, 邱小军. 穿孔板声阻抗模型研究[J]. 南京大学学报(自然科学), 2010, 46(4): 379-386.
- [7] 周晋花, 左言言, 李占成, 等. 复合穿孔吸声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): 156-159.

(责任编辑 孟凡丹、姜征)