

讨论与建议

五种木质板材吸声性能的测量与分析

王军锋^{1,2}, 彭立民¹, 傅峰¹, 王东¹, 朱广勇¹

(1. 中国林科院木材工业研究所, 北京 100091; 2. 广西壮族自治区林业科学研究院, 广西南宁 530002)

摘要: 对市场上常见的5种木质板材吸声系数进行了检测。结果表明:木质穿孔板在低频段、木丝板在中频段、轻质纤维板和木纤维/聚酯纤维复合板在中高频段,分别显示了优良的吸声性能,而刨花板的吸声性能较差。

关键词: 吸声性能; 刨花板; 轻质纤维板; 木丝板; 木纤维/聚酯纤维复合板; 木质穿孔板

中图分类号: S781.38; TS65 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654(2014)06-0020-04

Sound Absorption for Five Kinds of Wood-Based Panels

WANG Jun-feng^{1,2}, PENG Li-min¹, FU Feng¹, WANG Dong¹, ZHU Guang-yong¹

(1. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;

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

Abstract: Sound absorption coefficient of particleboard, low-density fiberboard, wood wool board and wood fiber/polyester fiber composites were measured by an impedance tube instrument and sound absorption coefficient of a wood perforated plate was measured in a reverberation room. The results showed that sound absorption performance of the wood perforated plate was excellent at low frequency, the wood wool board had excellent absorption at mid frequency, the wood fiber/polyester fiber composite and low-density fiberboard had excellent absorption at middle-high frequency while the particleboard had very poor sound absorption at all frequencies.

Key words: sound absorption property; particleboard; low-density fiberboard; wood wool board; wood fiber/polyester fiber composite material; wood perforated plate

近年来,随着工业、交通运输业等的迅速发展,在环境治理过程中噪声污染的治理备受关注,吸声材料亦成为研究的热点。传统的吸声材料有:矿渣棉、玻璃棉、泡沫铝、聚氨酯泡沫、聚酯纤维等^[1-4],存在施工不便、使用寿命短、装饰性能差、二次污染等缺点。作为可持续发展的环保材料——木质材料,不仅具有良好的装饰性,也具备良好的吸声性能,但由于对木质

材料吸声性能的研究较少,在实际生产和使用中,厂家和用户往往凭借经验进行板材的结构设计、加工与选择。

材料的吸声性能以吸声系数表征,吸声系数是指材料吸收的声能与入射到材料上的总声能之比。吸声系数与入射声波的频率有关,同一材料对不同频率的声波,吸声系数不同。在工程中,常采用125、250、500、1 000、2 000、4 000 Hz六个频率下吸声系数的算术平均值,表示某一材料(或结构)的平均吸声系数。吸声系数愈高,材料的吸声性能愈优。

阻抗管法和混响室法是两种常见的测量吸声系数的方法。阻抗管法所需试件规格小,操作方便,实

收稿日期: 2013-12-09; 修改日期: 2014-09-29

基金项目: 国家林业局引进国际先进林业科学技术计划(948计划)项目“高性能木质复合吸音材料制备技术引进”(2013-4-15); 广西壮族自治区林业科学研究院基本科研业务费专项。

作者简介: 王军锋(1986—),男,广西壮族自治区林业科学研究院助理工程师。

责任作者: 彭立民,男,中国林科院木材工业研究所副研究员。

验室多采用该方法;混响室法,需配备混响室、扩散声场等,造价昂贵,多用于较大面积材料的测试。

基于此,笔者收集了市场上常见的轻质纤维板、刨花板、木纤维/聚酯纤维复合板^[5]、木丝板^[6]、木质穿孔板 5 种板材,分别采用阻抗管法和混响室法,对其吸声性能进行了检测与分析,以期拓展木质板材在吸声材料领域的应用,提供技术支持和理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

5 种板材的基本参数列于表 1。

表 1 5 种板材的基本参数
Tab. 1 Parameters of five kinds of samples

板材类型	厚度/ mm	密度/ (g·cm ⁻³)	穿孔率/ %	来源
轻质纤维板	13	0.30	/	外购
木丝板	13	0.64	/	外购
刨花板	13	0.71	/	外购
木纤维/聚酯纤维复合板	10	0.20	/	自制
木质穿孔板	15	/	5.9	外购

1.2 试验装置

1) UA-1630 型阻抗管;

2) 混响室,体积 226 m³,包括:MNP21 型测量传声器,GZ58 型功率放大器,O120 型无指向声源,Q421 型数据采集卡等。

1.3 试件制作

本试验中,若穿孔板试件面积过小,单位面积上孔的分布差异很大,对测试结果的影响亦很大,故采用混响室法进行测量;木质穿孔板试件面积 10 m²。

其余 4 种板材(刨花板、轻质纤维板、木丝板、木纤维/聚酯纤维复合板)的吸声系数,采用阻抗管进行测试。4 种板材加工成直径分别为 100、29 mm 的圆形试件,各 3 组。其中:直径 100 mm 的试件,用于 0~2 500 Hz 频段吸声系数的测量;直径为 29 mm 的试件用于 2 000~6 400 Hz 频段吸声系数的测量。每种板材重复检测 3 组,结果取其平均值。

1.4 性能检测

1) 参照 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》,进行轻质纤维板、木丝板、刨花板和木纤维/聚酯

纤维复合板吸声系数的测试,设备结构见图 1。

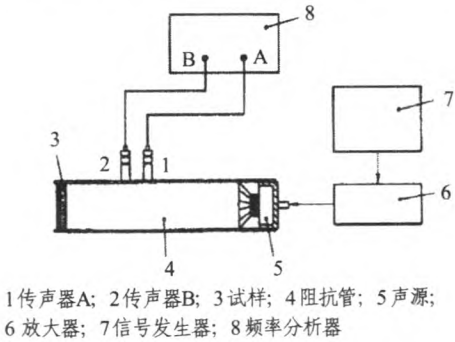


图 1 阻抗管检测设备结构示意图
Fig. 1 Structural diagram of impedance tube instrument

测试时,阻抗管中的平面波由噪声源产生,用两只安装在管壁一定位置的传声器,进行两点声压的测量,从而实现干涉场的分析。经过延时处理后,可有效分离入射波和反射波,完成复传递函数、吸声材料法向入射吸声系数的计算。

2) 参照 GB/T 20247-2006《声学 混响室吸声测定》,测量木质穿孔板的吸声系数,试验设施见图 2。

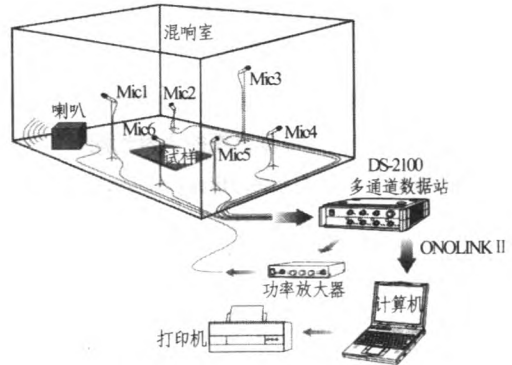


图 2 混响室测量示意图
Fig. 2 Schematic diagram of reverberation room

分别测量在有试件、没有试件情况下,混响室的平均混响时间。依据公式(1)~(2)计算试样的吸声系数 α_s :

$$\alpha_s = \frac{A_T}{S} \tag{1}$$

$$A_T = A_2 - A_1 = 55.3V \left(\frac{1}{c_2 T_2} - \frac{1}{c_1 T_1} \right) - 4V(m_2 - m_1) \tag{2}$$

式中: A_T —试件吸声量; S —试件面积,m²; A_1 —空场

混响室吸声量; A_2 —放入试件后混响室吸声量; V —空场混响室容积, m^3 ; c_1 —空场混响室条件下声音在空气中的传播速度, m/s ; c_2 —放入试件后混响室条件下声音在空气中的传播速度, m/s ; T_1 —空场混响室的混响时间, s ; T_2 —放入试件后混响室的混响时间, s ; m_1 —空场条件下混响室声强衰减系数; m_2 —放入试件后混响室声强衰减系数。

2 结果与分析

刨花板、木丝板、轻质纤维板、木纤维/聚酯纤维复合板的吸声性能曲线见图3;木质穿孔板的吸声性能曲线见图4。

2.1 刨花板、木丝板、轻质纤维板、木纤维/聚酯纤维复合板

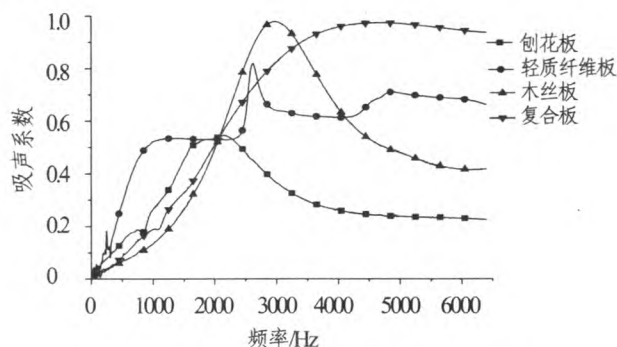


图3 刨花板、木丝板、轻质纤维板、木纤维/聚酯纤维复合板的吸声性能

Fig. 3 Sound absorption performance for four selected samples

1) 刨花板

图3显示,刨花板试样的吸声性能相对较差。表现为:在50~1 128 Hz低频与3 452~6 500 Hz高频范围内,其吸声系数偏低(<0.30);在1 128~3 452 Hz中频范围,其吸声系数略有增加(>0.30),在2 140 Hz处吸声系数最大,但也仅为0.54。原因分析:虽然刨花表面具有一定孔隙,但刨花板表层的刨花颗粒细小,施胶量高,通常在9%~12%范围内^[7],故表层密度大,且相对光滑,对声波反射较多。

2) 木丝板

木丝板是一种价廉实用的吸声材料,产品种类、规格多样,多作为室内吸声装饰材料。图3显示,声波频率在2 176~4 164 Hz中频范围内,木丝板的吸声系数较高(>0.6);在2 972 Hz处,吸声系数最大

值达0.97。原因是板材中木丝相互交织,形成相互交错、内外贯通的孔隙结构,声波进入木丝板的孔隙中,与木丝表面发生摩擦,将声能转化为内能,从而起到吸声降噪的作用。

3) 轻质纤维板

轻质纤维板密度 $<0.4 \text{ g/cm}^3$,在20世纪50~60年代是我国主要吸声板材产品,广泛用于建筑的吸声设计。从图3可见,在892~6 500 Hz中高频范围内,其吸声系数较高(>0.5),并在第一共振峰2 624 Hz处,最大吸声系数达0.82。分析原因,轻质纤维板的密度较小,纤维与纤维之间存在孔隙;木纤维比表面积较大,均增加了声波与木纤维的接触面积。

4) 木纤维/聚酯纤维复合板

由图3看出,复合板在2 892~6 500 Hz中高频范围内,具有较优的吸声性能(吸声系数 >0.8),在4 660 Hz处,最大吸声系数达0.97,而在低频段的吸声性能较差。原因是:

① 木纤维与聚酯纤维交织形成孔隙结构,当声波入射到纤维材料内部,会引起纤维之间空隙内的空气振动,空气与管壁产生摩擦,形成的粘滞阻力作用使声能转变成热能;② 声波通过介质时会导致质点的疏密程度不同,使质点之间存在温度梯度,从而通过热传导消耗部分声能;③ 纤维自身的振动导致声能耗散^[8]。

总体来看,上述4种木质板材具有如下特征:

1) 材料内部存在大量的微孔或间隙,孔隙细小且分布均匀;2) 材料内部的微孔相互连通;3) 材料内部的微孔向外敞开,可通到材料表面,使得声波能够从材料表面进入材料内部。

刨花板密度相对较高,空隙较少,因此刨花板的吸声性能相对较差;木丝板和轻质纤维板属轻质多孔性吸声材料,主要由木纤维组成,吸声性能优于刨花板;木纤维/聚酯纤维复合板主要由木纤维和聚酯纤维组成,聚酯纤维较木纤维更有弹性,更能增加声波的传播阻力,因此复合板的吸声效果最佳。

2.2 木质穿孔板

由图4可知,木质穿孔板在频率为400~1 000 Hz范围内,吸声系数 >0.4 ,在500 Hz时,吸声系数达到0.57,因此其在低频区的吸声效果较优。

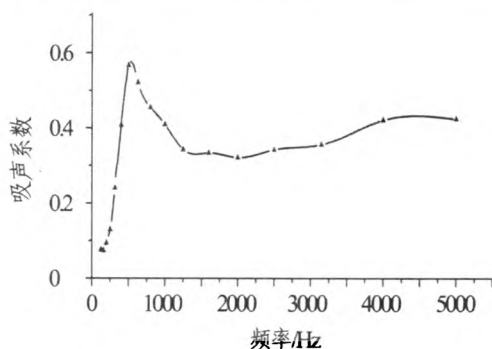


图4 木质穿孔板的吸声性能

Fig. 4 Sound absorption coefficient for wood perforated plate

穿孔板的吸声结构亦被称为亥姆霍兹共振器,可以看作是由许多单孔共振腔并联而成,单孔由大的腔体和窄的颈口组成,材料外部空间与内部腔体通过窄的瓶颈连接。在声波的作用下,孔颈中的空气柱做往复运动,开口处振动的空气受到摩擦,使部分声能转化为热能。当入射声波的频率与共振器的固有频率一致时,即会产生共振,此时,孔颈中的阻尼作用最大,声能得到最大吸收。

穿孔板对频率的选择性很强,只对共振频率的噪声具有较优的吸声效果,偏离共振频率时,则吸声效果变差。

3 结论

1) 本试验中,噪声声波频率在 3 500~6 500 Hz

范围内时,木纤维/聚酯纤维复合板材的吸声性能最优,刨花板的吸声性能最差。

2) 轻质纤维板对中高频噪声具有较好的吸声效果;木丝板对中频的噪声具有较佳的吸声效果;复合板在中高频段均具有优异的吸声性能,而在低频段的吸声性能较差;穿孔率为 5.9% 的木质穿孔板对低频噪音具有良好的吸声性能。

3) 实际使用时,应根据不同场所噪声的主要频率,选择吸声材料,以达到较佳的吸声降噪效果。

参考文献:

- [1] 杜治平. 玻璃纤维在噪声控制中的应用研究[J]. 企业技术开发, 2010, 29(13): 82-83.
- [2] 尉海军, 姚广春, 王晓林, 等. 铝硅闭孔泡沫铝吸声性能研究[J]. 功能材料, 2006, 37(12): 2014-2018.
- [3] 许小强, 杨汝平, 熊春晓. 吸声聚氨酯泡沫塑料的研究[J]. 宇航材料工艺, 2011(2): 17-19.
- [4] 钟祥璋. 聚酯纤维装饰板吸声性能的实验研究[J]. 声频工程, 2005(10): 10-14.
- [5] 王军锋, 彭立民, 傅峰, 等. 木质纤维/聚酯纤维吸声材料复合工艺的研究[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2013, 37(6): 132-136.
- [6] 阳杰, 蒋国荣. 新型木丝板吸声性能的测试研究[J]. 声频工程, 2004(5): 12-14.
- [7] 华毓坤. 人造板工艺学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2002.
- [8] 王军锋, 彭立民, 傅峰, 等. 木纤维/聚酯纤维复合材料的制备工艺及其吸声性能[J]. 木材工业, 2013, 27(6): 41-44.

(责任编辑 张一萍)

(上接第12页)

参考文献:

- [1] 顾继友. 胶粘剂与涂料[M]. 北京: 中国林业出版社, 1999.
- [2] 杜官本, 李君, 杨忠. 苯酚-尿素-甲醛共缩聚树脂研制 I 合成与分析[J]. 林业科学, 2000, 36(5): 73-77.
- [3] Ohyama M, Tomita B, Hse C Y. Curing property and plywood adhesive performance of resol-type phenol-urea-formaldehyde cocondensed resins [J]. Holzforschung, 1995, 49(1): 87-91.
- [4] 李建章, 周文瑞, 赵俊杰, 等. 木材工业用酚醛树脂胶剂的快速固化研究[J]. 中国胶粘剂, 2003, 12(6): 61-63.
- [5] Fan D B, Chang J M, Li J Z. Cure properties and adhesive performances of cure-accelerated phenol-urea-formaldehyde resins [J]. European Journal of Wood and Wood Products, 2011, 69: 213-220.
- [6] Fan D B, Li J Z, Chang J M. On the structure and cure

acceleration of phenol-urea-formaldehyde resins with different catalysts [J]. European Polymer Journal, 2009, 45(10): 2849-2857.

- [7] 范东斌. 尿素-生物油-苯酚-甲醛共缩聚树脂的合成、结构与性能研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2009.
- [8] 华毓坤. 人造板工艺学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2002.
- [9] Pizzi A. Phenolic and tannin-based adhesive resins by reactions of coordinated metal ligands. I. Phenolic chelates [J]. Journal of Applied Polymer Science, 1979, 24: 1247-1255.
- [10] 陈建华. 无机化学[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [11] 范东斌, 刁艳, 李建章, 等. 苯酚-尿素-甲醛共缩聚树脂结构与胶接性能关系研究[J]. 北京林业大学学报, 2009, 31(增刊1): 15-19.

(责任编辑 张一萍)