

软木聚结材料的吸声性能评价

贾汀, 宋孝周, 雷亚芳

(西北农林科技大学机电学院, 陕西杨凌 712100)

摘要: 为了考察软木聚结材料自身及其贴覆于3种人造板基材后的吸声性能,探究将其用于减少室内环境噪音的可行性,采用驻波管法测定其吸声系数。结果表明:在一定范围内,软木聚结材料吸声系数与其厚度成正比,与密度成反比;在人造板基材正面贴覆软木聚结材料,其吸声效果优于基材背面贴覆。可依据实际应用需要,选择合适的贴面方式、材料密度和厚度。

关键词: 软木聚结材料; 吸声系数; 基材; 贴覆

中图分类号: S781.38; TS65

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2012)06-0022-04

Evaluation of Sound Absorption Property of Agglomerated Cork Board

JIA Ting, SONG Xiao-zhou, LEI Ya-fang

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: In order to evaluate the performance of agglomerated cork boards for indoor sound barriers, the sound absorption coefficients of the panels laminated, with different agglomerated cork boards, were measured by the standing wave tube method. The results showed that the sound absorption coefficient of the samples increased with increased thickness or decreased density.

Key words: agglomerated cork board; sound absorption coefficient; base board; overlay

软木细胞的中空结构和不规则的排列形式,决定了其具有很强的吸声、减震,且耐磨、质轻、隔热等特性^[1-2]。近年来,我国软木工业已取得长足发展,开发具有高附加值的软木产品,成为我国软木工业的主要研究方向。

软木聚结材料是将栓皮粉碎、筛选、风选后得到不同目数的软木粒子,经施胶、铺装、热压等工序制得的材料。将其贴覆在基材的正面或背面,可制成软木聚结板复合材料,用于生产静音地板或室内装饰材料^[3-5];利用软木纸、软木布或软木板作为墙面装饰材料,还具有隔音和防潮等效果。

已有的研究包括:采用异氰酸酯胶(MDI)和醋酸乙烯-乙烯共聚乳液(VAE)的混合胶压制软木聚结

板^[6],软木地板的生产工艺,软木贴面定向结构麦秸板的胶合工艺等^[3,7],但对软木聚结材料特性的研究较少,尤其是对其声学特性的研究^[8-9]。因此,笔者对不同厚度、密度的软木聚结材料,及其贴覆在3种基材上的吸声系数进行测定,探究各工艺因素对软木聚结板材吸声性能的影响,为软木材料合理应用于降低室内环境噪声提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 外购软木聚结板

软木聚结板所用软木粒子均为16~30目。

1) 按厚度划分

密度为0.25~0.3 g/cm³,幅面均为970 mm×640 mm,按其厚度可分为:① 6、8、12 mm、② 3、6、8、12、15 mm两组软木聚结板。

收稿日期: 2012-06-18; 修改日期: 2012-09-19

作者简介: 贾汀(1987—),女,西北农林科技大学硕士研究生。

通讯作者: 雷亚芳,女,西北农林科技大学教授。

2) 按密度划分

软木聚结板厚度均为 6 mm, 分为: ① 密度 0.26、0.30、0.58 g/cm³, 幅面 970 mm×640 mm; ② 密度 0.26、0.30、0.45、0.58 g/cm³, 幅面 350 mm×350 mm 两组。

1.1.2 自制软木聚结板

设定密度分别为 0.20、0.30、0.50 g/cm³, 每种密度的板材分别包括 3、6、9 mm 三种厚度, 幅面均为 350 mm×350 mm。

1.1.3 基材

选取胶合板(0.48 g/cm³)、麦秸板(0.54 g/cm³)、中密度纤维板(MDF, 0.72 g/cm³)三种常见的人造板作为基材, 厚度均为 13 mm, 幅面 2 440 mm×1 220 mm, 市购。

1.1.4 胶黏剂

1) 异氰酸酯胶(MDI), 深棕色黏稠状液体, 固体含量 95%, 黏度 400~600 mPa·s(20℃), pH 值 6.0, 市购。

2) 白乳胶, 固体含量(50±2)%, 黏度 450~700 mPa·s(20℃), pH 值 4.0~6.5, 市购。

1.2 试验设备

双通道阻抗管声学测试仪, 北京世纪建通环境技术有限公司产; 平板热压机; SDC1300 宽带砂光机等。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计

1) 首先通过单因素试验, 采用工程上常用的 125、250、500、1 000、2 000、4 000 Hz 共 6 个吸声频率^[10], 测定该 6 个频率下, 不同厚度、密度的软木聚结板的吸声系数, 以均值表示其吸声性能。

2) 为进一步探究各因素对板材吸声性能的影响, 根据实际应用中软木聚结板的密度和厚度范围, 及对吸声性能有要求的装饰装修中, 在装饰板后预留空腔等因素, 制定正交试验, 如表 1 所示。

表 1 试验因子与水平

Tab. 1 Experimental factors and levels

水平	A 基材 类型	软木聚结板		D 空腔 厚度/mm
		B 密度/(g·cm ⁻³)	C 厚度/mm	
1	MDF	0.2	3	0
2	麦秸板	0.3	6	50
3	胶合板	0.5	9	100

1.3.2 试板制备

1) 软木聚结板制备

软木粒子为 16~30 目, 依据预试验结果, 采用 MDI 胶, 施胶量为软木粒子质量的 8%, 手工拌胶, 利用自制木质模具进行手工铺装, 热压温度 150℃, 热压时间 15~20 min, 压力 1.4 MPa。采用厚度规控制试板厚度, 板材冷却后砂光至试验所需厚度。

2) 软木聚结复合板制备

将软木聚结材料贴覆于 3 种人造板基材上。胶黏剂为白乳胶, 单面涂胶量为 100 g/m²、压力 1 MPa, 室温下保持 90 min, 幅面 350 mm×350 mm。

1.4 吸声系数检测

将软木聚结板砂光后, 均加工成直径分别为 100 mm 和 29 mm 的圆形试件。按照 GBJ 88-85《驻波管法吸声系数与声阻抗率测量规范》, 检测材料的吸声系数。

双通道阻抗管声学测试仪的主要结构是均匀的刚性壁管, 在 50~6 400 Hz 的频率范围内, 驻波管内可产生平面入射的驻波声场, 管子的末端放置测试样品, 管的另一端连接扬声器, 作为发声装置。为尽量避免外界因素对声场的影响, 通常利用较细的中空金属管作为传声器的探管, 在管中沿着中轴线来回移动, 声波通过探管进入传声器以测量管中的声场。驻波管中的声压用分贝计量, 声压极大值与极小值之间的声压级差为 ΔL_p , 试样的吸声系数 α 参照公式(1)进行计算:

$$\alpha = \frac{4 \times 10^{\Delta L_p/20}}{(10^{\Delta L_p/20} + 1)^2} \quad (1)$$

通过设备自带的 B&K3560C 数据采集分析系统, 试件的吸声系数可直接显示在输出指示装置上。

2 结果与分析

2.1 外购软木聚结板的吸声性能

2.1.1 不同厚度的软木聚结板

图 1 是密度为 0.25 g/cm³ 时, 3 种厚度软木聚结板的吸声系数。

由图 1 可以看出, 6、8、12 mm 三种厚度软木聚结板试样的吸声系数, 均随着声频提高而逐渐升高, 在中高频段 3 000 Hz 左右达到峰值, 然后略有降低。8、12 mm 厚软木聚结板的吸声系数, 在 2 000 Hz 之后, 保持在 0.2 以上, 可称为吸声材料^[11]。这是因为

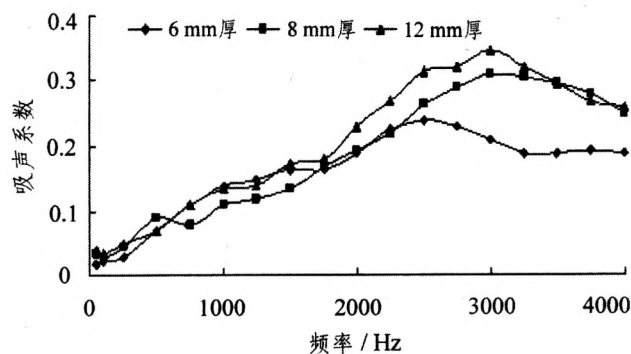


图1 不同厚度软木聚结板吸声系数

Fig. 1 Sound absorption coefficients of agglomerated cork boards with different thickness in frequency domain

多孔吸声材料对中高频的吸声更敏感,当材料密度一定时,增加软木聚结板的厚度,就是提高了材料的声阻率,阻碍了声波的传播,延长了入射声波在材料内部的滞留时间,使得声波与材料中纤维界面和孔隙中空气相互作用的时间延长。

图2是密度约 0.3 g/cm^3 、不同厚度的软木聚结板,在试验选择的6个频率下的吸声系数,其平均吸声系数依次为:0.033、0.075、0.115、0.200、0.210、0.223,即2000 Hz之后,试样的吸声系数 >0.2 。

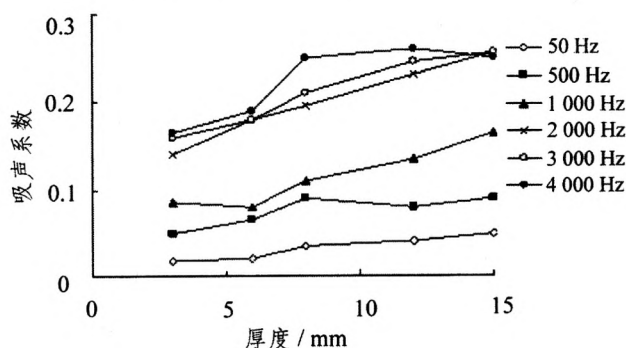


图2 不同声频下不同厚度软木聚结板的吸声系数

Fig. 2 Thickness effect on sound absorption coefficients of agglomerated cork boards

图2显示,5种厚度的软木聚结板吸声系数,均随着声频的提高而逐渐升高;当厚度 $<6 \text{ mm}$ 时,其6个频率下的吸声系数均 <0.2 。材料厚度与吸声系数正线性关系较明显,且对吸声系数影响显著。当板材厚度增加到一定程度时,吸声系数逐渐稳定;继续增加板材厚度,对吸声性能的提高作用有限^[12]。故本试验范围内,在密度为 0.3 g/cm^3 时,12~15 mm厚软木聚结板的吸声性能较优。

2.1.2 不同密度的软木聚结板

3种不同密度、厚度均为6 mm的软木聚结板的吸声系数,见图3。

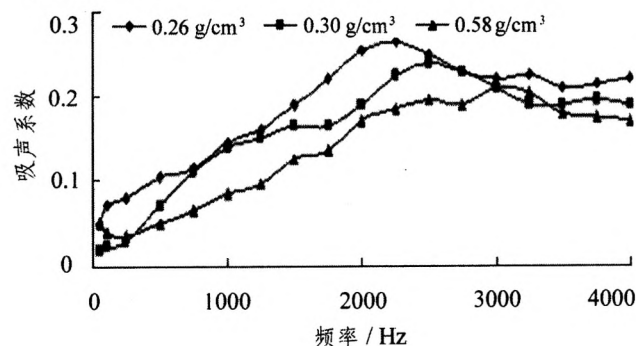


图3 不同密度软木聚结板的吸声系数

Fig. 3 Sound absorption coefficients of agglomerated cork boards with different density in frequency domain

由图3可以看出,3种密度软木聚结板的吸声系数,均随着声频的提高,在2000~2500 Hz之间达到峰值,之后略有降低。其中,密度最低的试样吸声效果最好,在 $>1500 \text{ Hz}$ 的频率范围内,其吸声系数 >0.2 。说明密度也是影响软木聚结板吸声系数的重要因素。

不同密度的软木聚结板,在不同频率时的吸声系数,见图4。

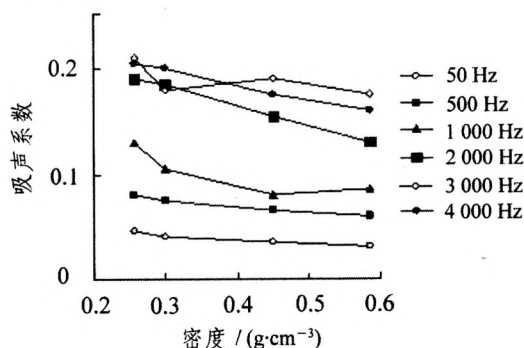


图4 不同频率下不同密度软木聚结板的吸声系数

Fig. 4 Density effect on sound absorption coefficient of agglomerated cork boards

软木属于多孔吸声材料,当声波入射到材料表面时,一部分在材料表面被反射,另一部分则透入到材料内部。在传播过程中,由于声波产生的振动,引起材料内部孔隙内的空气运动,使得孔内空气和孔壁产生摩擦,紧靠孔壁的空气因摩擦和粘滞力的作用,使一部分声能转化为热能,从而使声波衰减。密度越大,孔隙率越小,空气穿透量越小,对声波的阻碍作用

越大,吸声系数降低。

图 4 显示,当密度增大时,试样对各频段的声波的吸收效果,均有不同程度的下降。另外,高频声波可使空隙间空气质点的振动速度加快,空气与孔壁的热交换也加快,从而表现出对高频的吸声性能良好。

2.2 自制软木聚结板贴覆于基材的吸声性能

软木聚结材料多与基材复合后使用,可贴于基材正面(前面)或背面(后面)。为了评价贴面方式对复合材料吸声性能的影响,测试时分别让声波从正面和背面入射,相当于软木聚结板前贴和后贴在基材上,其吸声系数测定结果列于表 2。

表 2 软木聚结板贴覆于基材后的吸声系数

Tab. 2 Sound absorption coefficients of agglomerated cork boards overlaid on wood base panels

编号	基材类型	软木聚结板		空腔厚度/mm	吸声系数	
		密度/(g·cm ⁻³)	厚度/mm		前贴	后贴
1	MDF	0.2	3	0	0.231	0.198
2		0.3	6	50	0.285	0.152
3		0.5	9	100	0.212	0.173
4	麦秸板	0.2	6	100	0.339	0.257
5		0.3	9	0	0.221	0.186
6		0.5	3	50	0.155	0.134
7	胶合板	0.2	9	50	0.301	0.265
8		0.3	3	100	0.253	0.204
9		0.5	6	0	0.230	0.197
$\Sigma(K_1)$	0.728	0.871	0.639	0.682		
$\Sigma(K_2)$	0.615	0.759	0.854	0.741		
$\Sigma(K_3)$	0.784	0.597	0.734	0.804		
K_1	0.243	0.290	0.213	0.227		
K_2	0.205	0.253	0.285	0.247		
K_3	0.261	0.199	0.245	0.268		
$\Sigma(T_1)$	0.523	0.720	0.536	0.581		
$\Sigma(T_2)$	0.577	0.542	0.606	0.551		
$\Sigma(T_3)$	0.666	0.504	0.615	0.634		
T_1	0.174	0.240	0.179	0.194		
T_2	0.192	0.181	0.202	0.184		
T_3	0.222	0.168	0.205	0.211		
$R_{前贴}$	0.056	0.171	0.072	0.041		
$R_{后贴}$	0.048	0.072	0.133	0.170		
优前贴	A3	B1	C2	D3		
优后贴	A3	B1	C3	D3		

注: $\Sigma(K_i)$ 、 K_i 、 $\Sigma(T_i)$ 、 T_i ,分别表示软木聚结板前贴、后贴基材时的吸声系数各水平效应的估计值与综合平均值。

表 2 显示,软木聚结板前贴于基材时,复合材料的吸声系数高于后贴。因为前贴时,声波首先传播到软木聚结板表面,一部分在板材表面被反射,另一部分则透入到板材内部转化为热能;后贴时,

声波先接触到基材,其内部没有大量的孔隙,无法使声能转换为热能,大部分声波从材料表面反射。

1) MDF 前贴于软木聚结材料时,以软木聚结板密度为 0.3 g/cm³、厚度为 6 mm,空腔厚度为 50 mm 时,复合材料的吸声效果较优;后贴时,以软木聚结板密度为 0.2 g/cm³、厚度为 3 mm,不留空腔时,复合材料的吸声性能较优。

2) 当软木聚结板密度为 0.2 g/cm³、厚度为 6 mm,空腔厚度为 100 mm 时,软木聚结板前贴、后贴于麦秸板的复合材料的吸声性能均较优。

3) 胶合板为基材时,前贴与后贴较优的方案,均为软木聚结板密度 0.2 g/cm³、厚度 9 mm,空腔厚度 50 mm。

前贴、后贴软木聚结板时,复合材料最大吸声系数分别达 0.339 和 0.265。前贴时,影响因素依次为: $B>C>A>D$,最佳方案 A3B1C2D3;后贴时,影响因素依次为: $D>C>B>A$,最佳方案 A3B1C3D3。2 种贴覆方式的最优方案,采用的基材均为胶合板,软木聚结板的密度均为 0.2 g/cm³,空腔均为 100 mm。说明采用较低密度的胶合板作为基材,复合材料吸声效果较佳;增大空腔厚度,相当于增加了材料厚度,减小了材料密度,利于提高复合材料的吸声性能。

3 结论

1) 软木聚结板的密度一定时,随着声频的增加,不同厚度试板的吸声系数,均呈现出先增大、后略有降低的趋势;对中高频的吸声性能明显优于低频;增加厚度,可提高试板的吸声系数。在实际生产中,可综合考虑加工条件、成本等因素,适度增加软木聚结板的厚度。

2) 厚度一定时,不同密度的软木聚结板吸声系数,随音频的增加,亦呈逐渐增加后略有降低。在生产中,可在满足使用强度的条件下,减小其密度,不仅提高了材料的吸声性能,且节约资源。

3) 软木聚结板贴于基材正面的吸声性能,优于贴于基材背面。基材正面或背面贴覆软木聚结板的最佳方案是,软木聚结材料密度为 0.2 g/cm³,预留空腔厚度为 100 mm。在装饰工程施工时,可依据需要选择贴覆方式。

(下转第 38 页)

3.2 干燥工艺

需要针对不同气候条件、树种等,制定单板干燥气干工艺规程,为企业提高单板干燥质量提供指导。

受气候影响,气干单板的含水率不稳定,易出现干燥缺陷;而单板干燥机可使单板干燥质量得到较好的控制。因此采用气干和设备干燥联合干燥工艺,先将单板气干至纤维饱和点以下,再进行设备干燥,可节约能源消耗达30%以上。

3.3 供热方式

对热能消耗较高的老旧单板干燥设备,进行技术更新改造。如检查、更新蒸汽管道阀门,减少由阀门节流造成的能源浪费;将蒸汽锅炉改造为导热油加热锅炉,降低能耗;对于燃烧木材剩余物的热风炉,在其容量、技术方面进行优化设计,真正达到节能效果。

3.4 能效评价标准

尽快制定单板干燥机能量利用评价标准,包含热能和电能的综合性评价标准,如焓效率等,并依据能效确定设备的能耗等级,由国家相关部门检测、确定设备的能耗等级,在设备铭牌上进行标注,便于企业选择单板干燥设备。

4 结语

应充分发挥科研院校的技术力量,产学研合作研究单板干燥节能技术;优化单板干燥设备的设计,提高能源利用效率,完善设备能耗等级评价标准,以促进节能技术在单板干燥中的应用。

参考文献:

[1] 中国绿色时报. 世界人造板生产和出口的区域变化[EB/OL].

(2011-07-28). http://www.greentimes.com/green/econo/mcgy/rzblt/content/2011-07/28/content_139802.htm.

- [2] 2011年我国木材及人造板产量[J]. 木材工业, 2012, 26(5): 60.
- [3] 王硕. 影响未来中国胶合板行业之关键词浅析[J]. 中国人造板, 2010, 17(9): 3-6.
- [4] 梁关明. 改善单板干燥机热能利用率的途径[J]. 林业劳动安全, 1999(1): 33-34.
- [5] 裴志坚. 基于PLC的单板干燥自动控制系统的研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2007.
- [6] 陈宏. 分析单板干燥规律完善单板干燥机的设计[J]. 林业机械与木工设备, 2001, 29(10): 18-19.
- [7] 陆仁书. 胶合板制造学[M]. 第二版. 北京: 中国林业出版社, 1993: 86-87.
- [8] 须小宇. 新型单板干燥机BGL83A的设计研究[J]. 林产工业, 1991, 18(4): 21-24.
- [9] 葛尽, 曲雪岩. 高温导热油炉在木材单板干燥中的应用[J]. 林业科技, 2004, 29(4): 36-37.
- [10] 陈纪均, 张福源. 热油炉供热在木材单板干燥机上的应用[J]. 林产工业, 1997, 24(3): 32-35.
- [11] 康熹, 李振献. 节能型单板干燥机[P]. 中国专利: ZL 00216863. 4, 2001.
- [12] Hua Jun. Productive test of a newly drying technology of veneer: intermittent-contact drying of veneer with flexible screen belt [J]. Journal of Forestry Research, 2005, 16(2): 155-157.
- [13] 长谷川克次. 湿单板的水分排湿装置[P]. 日本专利: 日 25576, 1977. 7. 8. 3p.
- [14] 蔡杰. 加拿大杨木单板的挤压脱水干燥[D]. 南京: 南京林业大学, 2004.
- [15] 许美琪. 意大利杨木单板干燥工艺研究[J]. 林产工业, 1994, 21(4): 13-15.
- [16] 常健民, 徐瑞玉. 单板干燥机的热能利用分析[J]. 东北林业大学学报, 1990, 18(4): 74-79.
- [17] 贺志强, 周永东, 孙锋. 三种单板干燥机热能利用的对比分析[J]. 木材工业, 2012, 26(1): 35-38.

(责任编辑 张一萍、姜征)

(上接第25页)

参考文献:

- [1] 雷亚芳, 刘艳贞, 周伟, 等. 栓皮栎软木的微观构造[J]. 林业科学, 2009(1): 167-170.
- [2] 李龙, 宋蕾. 软木复合材料及其应用[J]. 纺织科技进展, 2006(4): 36-39.
- [3] 陆全济, 雷亚芳, 张保健, 等. 软木地板生产工艺研究[J]. 西北林学院学报, 2011(6): 145-148.
- [4] 孙伟圣, 傅峰, 吴盛富, 等. 我国木基静音地板发展现状分析[J]. 木材工业, 2008, 22(5): 21-23.
- [5] 刘红玲, 马雪亮, 雷亚芳. 软木在家具和室内设计中的应用[J]. 家具与室内装饰, 2008(11): 54-55.
- [6] 周伟, 刘艳贞, 赵御静, 等. 软木聚结材料生产工艺的研究[J]. 木

材工业, 2008, 22(5): 21-23.

- [7] 张学礼, 雷亚芳. 软木贴面定向结构麦秸板的胶合工艺[J]. 木材工业, 2008, 22(2): 37-43.
- [8] 杜功煥, 朱哲民, 龚秀芬. 声学基础[M]. 南京: 南京大学出版社, 2001, 420-422.
- [9] Jiang zehui, Zhao rongjun, Fei benhua. Sound absorption property of wood for five eucalypt species[J]. Journal of Forestry Research, 2004, 15(3): 207-210.
- [10] 车世光. 建筑声环境[M]. 北京: 清华大学出版社, 1988: 154-155.
- [11] 苑改红, 王宪成. 吸声材料研究现状与展望[J]. 机械工程师, 2006(6): 17-19.
- [12] 徐传友, 苟凤祥, 杜鑫, 等. 吸声材料研究的进展[J]. 砖瓦, 2008(9): 11-14.

(责任编辑 张一萍、姜征)