

# 木塑复合材料的隔声性能研究

魏亚兵, 姚跃飞, 虞华东, 孙矿华, 刘 兰

(浙江理工大学先进纺织材料与制备技术教育部重点实验室, 杭州 310018)

**摘 要:** 制备不同目数的木粉、不同木粉含量、不同偶联剂含量以及不同硫酸钡含量的木塑复合材料,对材料的隔声性能进行研究。测试复合材料进行隔声性能、结构形态的 SEM 等,结果表明:在相近面密度条件下,木粉的目数和木粉含量的变化主要对木塑复合材料高于 1 250 Hz 频区的隔声量产生影响;偶联剂的加入在整个频段内对材料的隔声量影响都不大;加入硫酸钡可在保证材料隔声性能的同时降低材料的厚度。与面密度相近的使用相同基础配方制备的 PVC 塑料板材相比,木塑复合材料在高于 2 000 Hz 频段表现出了更好的隔声性能。

**关键词:** PVC; 木粉; 隔声性能; 木塑复合材料

**中图分类号:** TS195.644

**文献标志码:** A

## 0 引 言

木塑复合材料(WPC)是指由木纤维或植物纤维对热塑性树脂进行填充改性的一类新型复合材料,通过挤出、热压或注塑等方式加工成型<sup>[1]</sup>。这种材料兼备了木材与塑料各自的优良性能,具有机械性能高,不易开裂变形,防虫蛀防潮、耐酸碱耐腐蚀等优点。同时其原材料来源丰富、价格低廉,材料自身可重复回收利用,在保护森林资源、减少环境污染方面具有良好的社会和生态效益,是一种新型的绿色环保材料<sup>[2-3]</sup>。

目前对木塑复合材料进行的研究有很多。秦楠<sup>[4]</sup>探讨了加工因素对木塑复合材料力学性能的影响;方露等<sup>[5]</sup>总结了了几种不同类型的阻燃剂对木塑复合材料阻燃性能和力学性能的影响;李东方等<sup>[6]</sup>对木塑复合材料的界面理论和界面性能改善的方法进行了介绍。随着越来越多的木塑复合材料应用到建材领域<sup>[7]</sup>和人们对城市噪声问题关注度日益提高<sup>[8]</sup>,对木塑复合材料隔声性能的研究变得尤为必要。本文主要针对木塑复合材料的隔声性能进行研究探讨。

## 1 实验部分

### 1.1 实验原料

聚氯乙烯树脂(PVC,白色粉末,杭州电化集团有限公司,SG5型)、邻苯二甲酸二辛酯(DOP,透明油状液体,杭州金生塑化有限公司)、环氧大豆油(ESO,浅黄色粘稠油状液体,浙江桐乡市嘉澳化工有限公司)、氯化石蜡(CP-52型,淡黄的粘稠液体,玉明化工有限公司)、钡锌稳定剂(黄色清澈液体,杭州东旭助剂有限公司)、木粉(市售)、偶联剂(KH-550,杭州米克化工有限公司)、硫酸钡(300目,富阳市奈比特矿粉有限公司)。

### 1.2 实验设备

SHR-5A型高速混合机(青岛瑞利仪器设备有限公司);SK160-B型电加热型双辊筒开炼机(上海第一橡胶机械厂);XLB 25-D型平板硫化机(浙江双力集团星力橡胶机械制造有限公司);JSM-5610LV型扫描电镜(日本电子 JEOL 公司);BSWAVS 302USB双声道声学分析仪(北京声望声电技术有限公司)。

### 1.3 木粉预处理

#### 1.3.1 不同目数木粉的筛选

使用对应目数的标准筛分别筛选出一定量的

20、40、60、80 目木粉,置于 80℃烘箱中烘干 8 h,取出装入密封袋备用。

### 1.3.2 木粉的表面处理

将硅烷偶联剂与无水乙醇按 1:5 的体积比配成溶液,均匀喷洒在经干燥处理过的木粉上,放入高速混合机内搅拌均匀,取出烘干,装入密封袋备用。

### 1.4 试样制备

将聚氯乙烯树脂、DOP、ESO、氯化石蜡及钡锌稳定剂按质量比 100:10:6:6:2 的比例均匀混

合,再将混合料与按表 1 预处理过的木粉和硫酸钡放入高速混合机中混合 50 min。将混合完全的粉料使用双辊开炼机塑化成片,本实验开炼机温度选择为 145℃。最后将开炼塑化好的片材放入模具,经 175℃的平板硫化机用 5.5 MPa 压力加压 10 min 压制成型。取出试样冷却至室温。由于面密度(即材料单位面积所具有的质量)对材料的隔声性能影响较大<sup>[9]</sup>,故所制备代表试样具有相近的面密度。实验试样的具体规格参数参照表 1。

表 1 试样的相关参数

样号	木粉目数	木粉含量/份	偶联剂含量/份	硫酸钡含量/份	面密度/(kg·m <sup>-2</sup> )	厚度/mm
1	20	100	0	0	4.81	4.04
2	40	100	0	0	4.83	3.94
3	60	100	0	0	4.85	3.92
4	80	100	0	0	4.82	3.82
5	40	60	0	0	4.80	3.88
6	40	80	0	0	4.78	3.96
7	40	120	0	0	4.81	3.94
8	40	140	0	0	4.87	4.02
9	40	100	2	0	4.83	3.90
10	40	100	4	0	4.85	3.88
11	40	100	6	0	4.80	3.92
12	40	100	8	0	4.82	3.94
13	40	100	0	50	4.88	3.20
14	40	100	0	100	4.81	2.89
15	40	100	0	150	4.89	2.63
16	40	100	0	200	4.87	2.42
17	0	0	0	0	4.86	3.78

注:表中的份数都是以 PVC 质量份数 100 为基准;17 号试样为相同基础配方条件下制备的未添加木粉的 PVC 塑料板材。

### 1.4 测试方法

#### 1.4.1 微观形貌观察

将待测试样先在液氮中低温脆断,再对断面进行喷金处理,喷金时间 50 min。使用日本 JSM-5610LV 型扫描电镜对木塑复合材料断面的微观形貌进行观察。实现木粉的高填充量一直是木塑复合材料的研究重点<sup>[10]</sup>,实验选择了木粉填充量为 100 份时制备的木塑复合材料为对比材料,来分别研究偶联剂的添加和硫酸钡的添加对木塑复合材料微观结构的影响。

#### 1.4.2 试样的隔声性能测试

依据 GB/T 19889.3—2005、GB/T 19889.10—2006 建筑及建筑构件的隔声测量标准,对试样进行隔声性能测试。试样的背衬为空气。静音箱体积为 1 m×1 m×1 m,测试样板的面积为 25 cm×25 cm,使用 A 计权网络,选择粉红噪声源和 1/3 倍频程。声源 VS302USB 系统、功率放大系统与无指向性声源按图 1 连接。

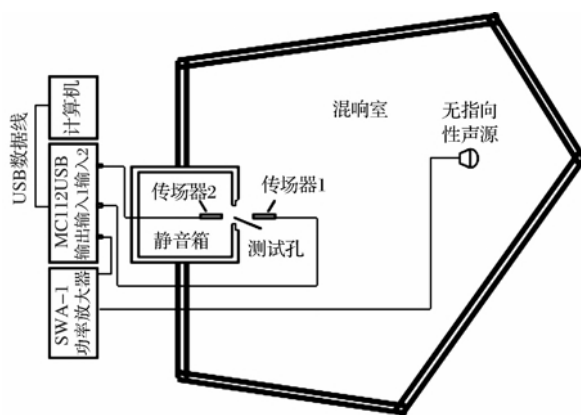


图 1 隔声测试系统

测试时,先测量未放置试样时噪声的自由衰减量及原始声压级降。然后再将试样固定于测试空上,测量此时噪声的总衰减量和总声压级降。试样的实际衰减量为总衰减量减去自由衰减量;试样对噪声的实际声压级降为总声压级降减去原始声压级降。最后采用 Spectra LAB 的声学软件对测试数据

进行处理。为了减少实验误差,不同配方的试样各取5块进行隔声测试,取最终的平均值用于实验的分析研究。

## 2 实验结果与讨论

### 2.1 木塑复合材料的微观形态结构

图2—图4为木塑复合材料横向截面的扫描电镜照片。由图2可以看出,使用未经偶联剂处理的木粉制备的木塑复合材料在基体树脂与木粉之间存在明显空腔,说明木粉与基体树脂的相容性不是很好。而图3中使用经偶联剂处理过的木粉制备的木塑复合材料显示基体树脂对木粉实现了良好包覆,说明加入适量偶联剂可以改善材料的界面相容性。图4为使用未经偶联剂处理的木粉与基体树脂以及加入100份的硫酸钡制备的复合材料的截面图,在断面内仍可以看到空腔,说明硫酸钡的加入对复合材料界面改善作用较小,但硫酸钡可与基体树脂良好结合。

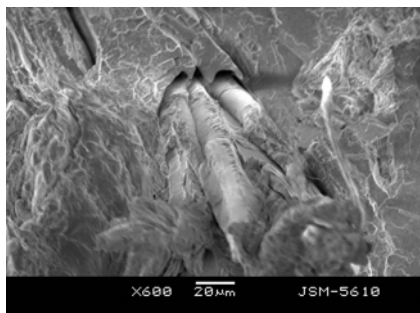


图2 2号试样木塑材料横向截面 SEM 照片

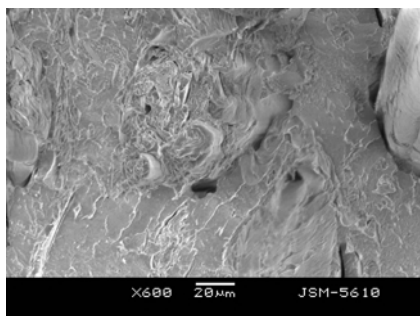


图3 10号试样木塑材料横向截面 SEM 照片

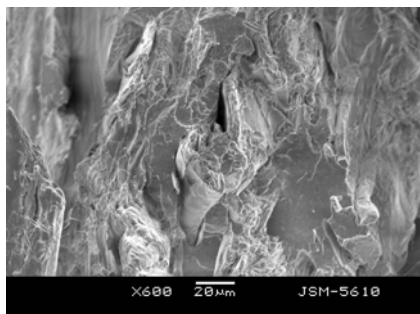


图4 14号试样木塑材料横向截面 SEM 照片

### 2.2 木粉目数对木塑复合材料隔声性能的影响

图5为相近面密度条件下使用不同目数的木粉制备的木塑复合材料和对比试样PVC塑料板材的隔声曲线。由图5可以看出,木塑复合材料和PVC板材的隔声曲线变化趋势都符合单层匀质密实墙的隔声频率特征<sup>[9]</sup>,即材料在小于1250 Hz的频区内主要受质量定律影响,隔声量随材料自身面密度的增加而增加。由于实验所选试样的面密度相近,故材料的隔声量在这段频区内相差不大。随着频率的增加,材料隔声曲线在2000 Hz左右出现一个吻合谷,隔声量会有一个较大降低。且由图5还可以看出,实验使用木粉的目数越高,木塑复合材料在吻合谷处的隔声量越低。木塑复合材料的隔声量在高于1250 Hz频区内随着使用木粉目数的增大逐渐下降。这是因为声波在传播过程中遇到障碍物会发生绕射现象<sup>[10]</sup>,而障碍物尺寸越大,绕射现象越不明显。木塑复合材料中的木粉分散于基体树脂之中,当声波在基体树脂中传播时遇到的木粉的粒径越大,声波越难以绕射,需要实现不同介质间的传播,声波在不同介质的界面间会形成反射,对声能量会产生损耗。所以木粉粒径越大,木塑复合材料的隔声性能越好。同时由图5可以看出,随着木粉目数的增加,复合材料在高于1250 Hz频段的隔声量逐渐下降,但都要高于未添加木粉的PVC塑料板材,尤其在大于2000 Hz频段更为明显。

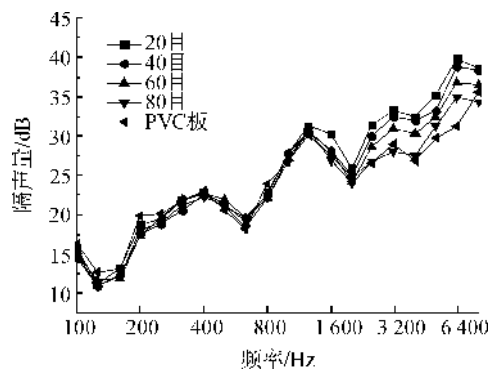


图5 不同木粉目数的木塑复合材料的隔声曲线

### 2.3 木粉含量对木塑复合材料隔声性能的影响

图6为相近面密度条件下不同木粉填充量的木塑复合材料和PVC板材的隔声曲线。从图6可以看出,随着木塑复合材料中木粉含量的增加,材料的隔声量在小于1250 Hz的频段范围内变化较小,这主要是因为对于单层匀质隔声材料,在小于1250 Hz频区材料隔声量主要是受自身面密度影响,在面密度相近的情况下,材料在该频段隔声量变化不明显;在大于1250 Hz频区内材料隔声量逐渐降低,

这是因为随着木塑复合材料中木粉含量增加,在相同面密度条件下材料中基体树脂含量相对减少,对木粉的包覆也就愈加不完全,木粉由于表面氢键作用容易产生团聚,导致在木粉与基体树脂之间和木粉与木粉之间都存在缝隙,当声波在复合材料中传播时更加容易透射。同时与面密度相近的使用相同基础配方制备的PVC板材对比可以发现,木塑复合材料的隔声量在大于1250 Hz频段都要高于PVC塑料板材,尤其在高于2000 Hz频区表现更为明显,在小于1250 Hz频段内两种材料由于面密度相近隔声量相差不大。

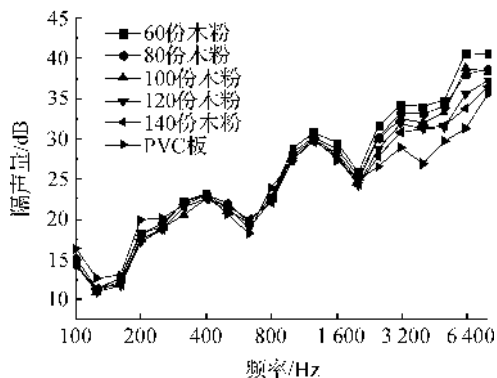


图6 不同木粉填充量的木塑复合材料的隔声曲线

#### 2.4 偶联剂含量对木塑复合材料隔声性能的影响

偶联剂可用来改善木塑复合材料界面相容效果,结合图2与图3可以看出,在添加偶联剂后的木塑复合材料中基体树脂对木粉的包覆更为完全。图7为相近面密度条件下的不同偶联剂使用量的木塑复合材料的隔声曲线。由图7可以看出,在保持复合材料基础配方不变的情况下,偶联剂的加入对木塑复合材料在整个频段隔声性能的影响不大。材料的隔声曲线依旧符合单层匀质墙体隔声曲线走势。复合材料在小于1250 Hz频区由于材料面密度相近隔声量变化不大,在大于1250 Hz频区隔声量略有变化,但变化规律不明显。初步推断是偶联剂的

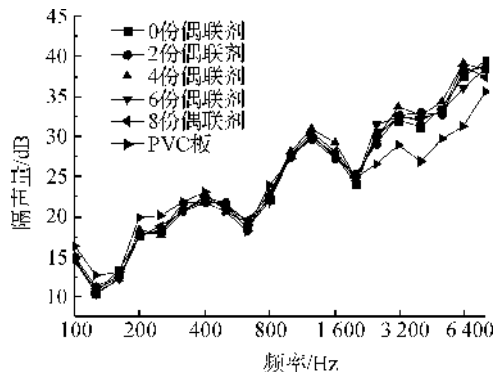


图7 不同偶联剂添加量的木塑复合材料的隔声曲线

加入可以改善木粉与基体树脂之间的界面相容性,使基体树脂对木粉包覆更充分,减少了木塑材料界面间的空隙,从而对声波在材料内部的透射产生了影响。但由于木塑复合材料配方中木粉的目数和木粉含量的变化都很小,故复合材料的隔声量整体变化不大。同时与面密度相近的基础配方相同的PVC塑料板材相比,可以发现木塑复合材料在大于2000 Hz频段明显具有更为优良的隔声效果。

#### 2.5 硫酸钡含量对木塑复合材料隔声性能影响

硫酸钡作为重质材料可被应用于改善复合材料隔声性能<sup>[11]</sup>。对比图2和图4可以看出,硫酸钡的添加对复合材料界面性能改善作用不大,但硫酸钡可与基体树脂良好粘结。图8为相近面密度条件下不同硫酸钡填充量的木塑复合材料的隔声曲线。从中可以看出,复合材料在小于1250 Hz频段与未加入硫酸钡的木塑材料相比隔声量变化不大。而经硫酸钡填充过的木塑复合材料的隔声量在高于1250 Hz区域有一定程度的提高,但变化的规律不显著。结合表1可以看出,随着硫酸钡填充量的增加,木塑复合材料厚度逐渐降低。说明硫酸钡的加入可以使材料在具备一定隔声性能的同时,降低材料自身厚度,提高了材料的实际加工使用性能。同时经对比可发现,在相近面密度条件下经硫酸钡填充过的木塑复合材料在大于2000 Hz频段明显具有比PVC塑料板材更高的隔声量。

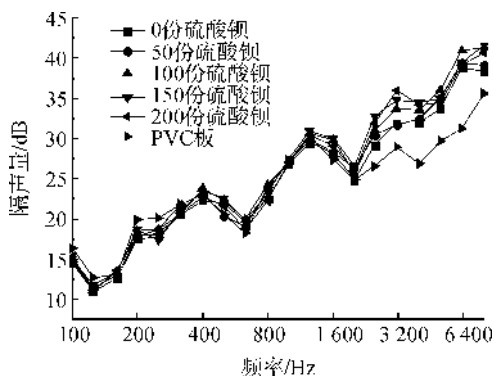


图8 不同硫酸钡填充量的木塑复合材料的隔声曲线

### 3 结论

a) 木塑复合材料中木粉与基体树脂之间界面相容性差,加入偶联剂可以对材料的界面相容性进行改善。在复合材料中添加一定质量比例的重质粒子硫酸钡,对材料界面改善效果不明显,但硫酸钡可以与基体树脂良好结合。

b) 在面密度相近的条件下,随着填充木粉目数的增大,木塑复合材料的隔声量在大于1250 Hz频区

逐渐递减,在小于1 250 Hz频段变化则相对较小。

c) 对于面密度相近的木塑复合材料,随着木粉填充量的增加,复合材料的隔声量在小于1 250 Hz的中低频段变化不明显,在高于1 250 Hz频区则逐渐降低。

d) 偶联剂的加入对材料在整个频段的隔声量影响都不大。

e) 在面密度相近的条件下,加入硫酸钡可以在保证材料具有一定隔声性能的同时,降低材料厚度,提高了材料加工使用性能。

f) 在相近面密度条件下,木塑复合材料相对于使用相同基础配方制备的PVC塑料板材隔声性能更为优良,尤其是在大于2 000 Hz频段表现得更为明显。

#### 参考文献:

- [1] 刘玉强,赵志曼. 木塑复合材料及其发展[J]. 化工新型材料, 2005, 33(3): 59-61.
- [2] 刘涛,何慧,洪浩群,等. 木塑复合材料研究进展[J]. 绝缘材料, 2008, 41(2): 38-41.
- [3] 汪多仁,段宏. 聚氯乙烯木塑材料[J]. 橡胶资源利用, 2010(3): 4-15.
- [4] 秦楠. 木塑复合材料力学性能影响因素的研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2013.
- [5] 方露,李大纲,施迎春,等. 阻燃型木塑复合材料研究进展[J]. 中国塑料, 2011, 25(3): 13-17.
- [6] 李东方,李黎,李建章. 木塑复合材料概述[J]. 林业机械与木工设备, 2013, 41(7): 7-16.
- [7] 徐高栋. 木塑复合制品将强势角逐建材市场[J]. 建材发展导向, 2011(2): 21-25.
- [8] 储荣邦,吴双成,王宗雄. 噪声的危害与防治[J]. 电镀与涂饰, 2013, 32(12): 52-57.
- [9] 张邦俊,翟国庆. 环境噪声学[M]. 2版. 杭州: 浙江大学出版社, 2001: 258-261; 263-265.
- [10] 方丹群,张斌,孙家麟,等. 噪声控制工程学[M]. 北京: 科学出版社, 2013: 57-71.
- [11] 范晓瑜. 蛭石/PVC隔声复合材料的性能研究[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2014.

## Research on Sound Insulation Property of Wood-Plastic Composite

WEI Ya-bing, YAO Yue-fei, YU Hua-dong, SUN Kuang-hua, LIU Lan

(Key Laboratory of Advanced Textile Materials and Manufacturing Technology of Ministry of Education, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** Wood-plastic composites were prepared with different quantity of wood flour, different wood flour content, different coupling agent content and different content of barium sulfate to research sound insulation property of wood-plastic composites. SEM test was done for sound insulation property and structural morphology of composites. The result shows that: under the similar surface density, changes in the quantity of wood flour and wood flour content mainly influence sound reduction index of wood-plastic composite in the high-frequency region (over 1 250 Hz); the coupling agent has little influence on sound reduction index of wood-plastic composite in the whole frequency band; the addition of barium sulfate can reduce the thickness of the composite while ensuring the sound insulation property of composites. Compared with PVC plastic plate under the similar surface density, the wood-plastic composite shows better sound insulation property in the frequency band over 2 000 Hz.

**Key words:** PVC; wood flour; sound insulation property; wood-plastic composite

(责任编辑: 张祖尧)