

蛭石/PVC 复合材料的隔声性能研究

范晓瑜, 姚跃飞, 虞华东, 魏亚兵, 刘 兰, 孙矿华

(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: 将蛭石加入到聚氯乙烯(PVC)树脂中,用模压成型法制备不同配比的蛭石/PVC 复合材料。利用 SEM 扫描电镜对材料进行微观形貌的观察;利用双声道分析仪研究蛭石对复合材料隔声性能的影响;利用动态热机械分析仪、万能材料试验机对不同配比的蛭石/PVC 复合材料的阻尼性能、拉伸力学性能等进行了测试。结果表明:蛭石/PVC 复合材料有良好的隔声性能,在相近面密度下,其隔声性能要优于 BaSO_4 /PVC 复合隔声材料,其隔声效果的提高主要在中高频区域。

关键词: 聚氯乙烯;蛭石;隔声性能;复合材料

中图分类号: TB332 **文献标志码:** A

0 引 言

聚氯乙烯(PVC)是一种较好的声阻尼材料^[1-2],可以通过与重质材料等复合,来改变材料与声波的相互作用,增加材料对声能的损耗^[3-4]。罗勇波等^[5]在 PVC 基材中加入了废钢渣或 BaSO_4 ^[6] 等重质材料,来改善 PVC 复合材料的隔声性能;肖山宏等^[7]在 PVC 基材中加入铅纤维,来提高复合材料的隔声性能。蛭石是一种吸音性能优良的建筑材料^[8],常作为硬质吸声材料^[9-10]使用,并具有质轻、防火且价格低廉的优点^[11]。笔者认为,蛭石内部具有层间结构,与 PVC 等声阻尼材料复合后可能也具有一定的隔声效果。

本文以不同填充比制备蛭石/PVC 复合材料,探讨其隔声特性及相关影响因素;研究其复合材料的力学性能、隔声性能及微观结构等,并与 BaSO_4 /PVC 复合隔声材料进行对比,来探讨蛭石在隔声降噪领域应用的可能性。

1 实验部分

1.1 实验原料与仪器

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,浅黄色黏稠油状液体,浙江桐乡市嘉澳化工有限公司)、氯化石蜡(CP,52 型,杭州东旭助剂有限公司)、蛭石(金黄色粉末,40 目,石家庄马跃建材有限公司)。

1.2 试样制备

将 PVC 树脂、DOP、ESO、CP 及钡锌稳定剂按 100 : 40 : 6 : 20 : 1.5 的质量比均匀混合,再将质量为 100 的 x 份的蛭石加入到 PVC 基体材料中,然后放入高速混合机中混合 30 min。取出混合完全的粉料,用加热到 145℃ 的双辊开炼机塑化成片。最后将塑化好的片材放入 160℃ 的平板硫化机中用 2 MPa 加压 10 min。取出试样冷却至室温。其中 x 取 80, 100, 120, 140。表 1 为实验中制备的 5 块面

密度相近的代表性试样,其中试样1—4为不同配比的蛭石/PVC复合材料,试样5为参考文献[6]制得的BaSO₄/PVC复合材料。试样相关参数见表1。

表1 试样的相关参数

试样编号	填料	填料填充比/phr	面密度/(kg·m ⁻²)	厚度/mm
1	蛭石	80	4.70	3.18
2	蛭石	100	4.71	3.20
3	蛭石	120	4.67	3.24
4	蛭石	140	4.62	3.25
5	BaSO ₄	400	4.64	2.02

注:表中 phr 表示以 PVC 为基准的质量分数,如 80 phr 即表示每 100 g PVC 中含 80 g 的填料

1.3 性能表征

采用德国 ZEISS、ULTRA 55 型场发射电子显微镜(FE-SEM)对蛭石及改性后 PVC 的形貌进行表征;参照 GB/T19889.3—2005、GB/T19889.10—2006 标准采用混响室—消声室法测定材料隔声性能,粉红噪声源,A 计权网络,1/3 倍频程,声压级 90

dB,测试样尺寸 250 mm×250 mm;用美国 TA 公司的动态热机械性能分析仪对试样的动态力学性能进行测试,振动频率为 10 Hz,升温速率为 3℃/min,温度范围为-60~100℃;参照国家标准 GB/T 1447—2005,用万能试验机对试样进行测试,预加张力为 2 N,夹距为 100 mm;参照日本工业标准 JIS-L1096 中 B 法测定试样的刚度。

2 实验结果与讨论

2.1 形态结构

图 1(a)所示是蛭石的扫描电镜图,从中可以明显看到蛭石的层状结构。蛭石所具有的这种独特的结构也正是本文选用蛭石来取代传统的重质材料做填充物的一个很重要的原因。图 1(b)和图 1(c)是蛭石/PVC 复合材料的断面结构扫描电镜图。从中可以看到,蛭石与 PVC 粘结后,仍保有其特殊的层状结构,由于复合材料中的蛭石所具有的片层结构及细小间隙,为复合材料对声能量的衰减提供了可能。

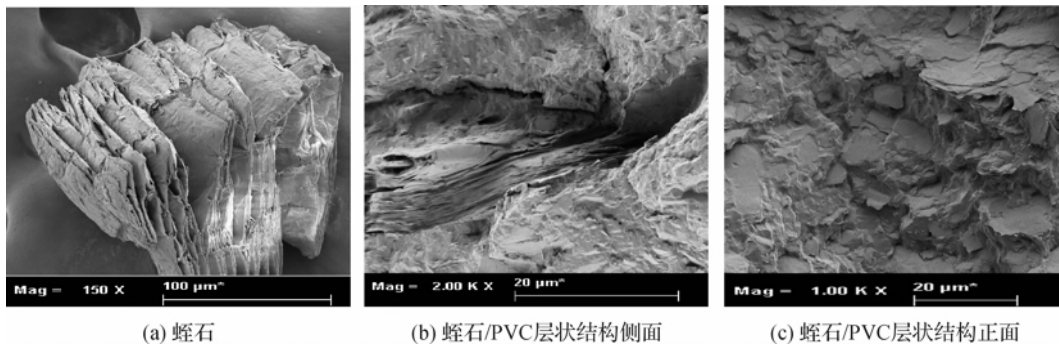


图1 蛭石及蛭石/PVC复合材料的 SEM 照片

2.2 蛭石含量对复合材料隔声性能的影响

由图 2 可以看出,试样 1—4 在整个频段的隔声量基本上是试样 1<2<3<4 的。参照表 1 可知,随着复合材料中蛭石填充比的增大,其隔声量也随之增加。在低频区和中频区,隔声量提高不明显,这主要是因为在中低频区,材料的隔声量主要与面密度有关,由于四组试样的面密度相近,所以这些区段的隔声量接近。蛭石是一种轻质材料,对声能量相对较大的低频段声能的阻隔作用不大。在高频区的隔声量增加较明显。当声波入射到复合材料内部时,蛭石特有的层状结构使声波被多次反射、折射等,提高了声能的消耗,从而降低了噪声强度,达到降噪效果。与 BaSO₄/PVC 复合材料试样 5 对比蛭石/PVC 在中高声频区的隔声效果非常明显,平均隔声量提高了约 4 dB。图 3 为蛭石声波传播示意图,声波传播到具有层间结构的蛭石中时,会在不同层的

分界面上产生多次反射和透射,经多次的反射、透射,声波逐渐被衰减。声波传播的距离越长,声波的能量被衰减得越厉害。由于蛭石的各层并不是相互平行的,因此声波每遇到一个界面,都要经历一次透

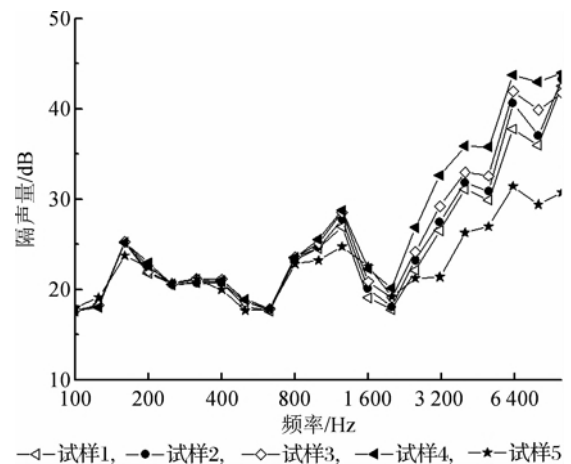


图2 试样1—5的隔声曲线

射和多次反射,反射和透射波又在两界面之间发生多次反射,在这过程中增加了声波传播的路程和能量损耗^[12]。随着声波频率的升高,材料对声能的衰减也越大^[13],所以在高频区蛭石/PVC复合材料的隔声效果较高。

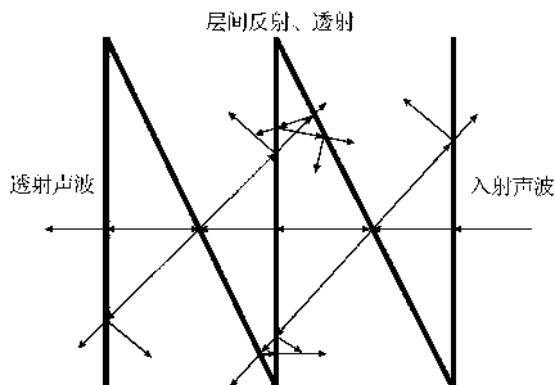


图3 蛭石中声波传播示意

2.3 蛭石含量对复合材料阻尼性能的影响

根据隔声理论,材料的高阻尼性能会提高材料的隔声性能。为了从阻尼的角度分析蛭石对PVC复合材料隔声性能的影响,实验选取了试样1-4作相应的阻尼性能测试,结果见图4。从图4可以看出,随着试样中蛭石含量的增加,试样的损耗因子 $\tan\delta$ 曲线的峰值是降低的。这是由于在相同面密度情况下,蛭石含量的增加使具有高阻尼性能的PVC含量相对下降所造成的,从而说明蛭石/PVC复合材料并不是通过改善材料阻尼特性来提高复合材料的隔声性能的,主要是通过自身的层状特性来实现其对复合材料隔声性能的提升。

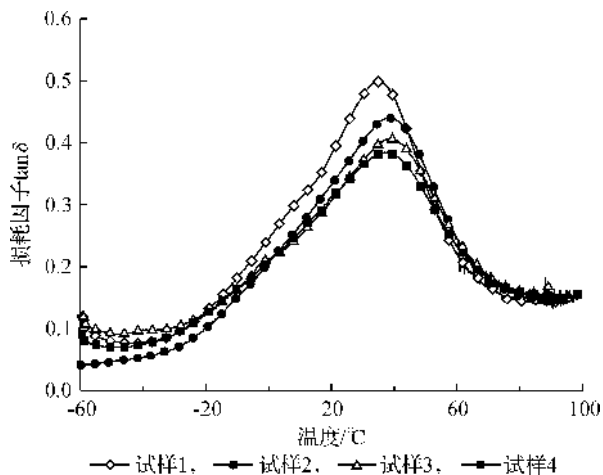


图4 试样1-4损耗因子比较

2.4 蛭石含量对复合材料拉伸性能的影响

图5及表2所示为试样1-4的拉伸性能测试结果。从表2试样拉伸数据的对比可以看出,随着蛭石含量的增加,试样的所能承受的最大载荷、最大

位移以及试样的抗拉强度都在降低。这说明蛭石的增加降低了复合材料的拉伸性能。因蛭石颗粒本身的承力性能较差,蛭石填充比越大,也就导致了蛭石/PVC复合材料的力学性能越差。

表2 试样1-4的拉伸性能

试样编号	最大载荷/N	最大位移/mm	抗拉强度/MPa
1	1 181.71	127.73	78.78
2	1 052.48	76.74	70.17
3	993.14	71.04	66.21
4	848.82	50.34	56.59

2.5 蛭石含量对复合材料刚柔性的影响

图6所示为试样1-4的刚度变化情况。从图6可以看出,面密度相近的情况下,复合材料的刚度随着蛭石的填充比增大而增大。因为蛭石是刚性粒子,当蛭石填充到PVC复合材料后随着蛭石填充比的增大,复合材料的刚性增加,柔软性下降。

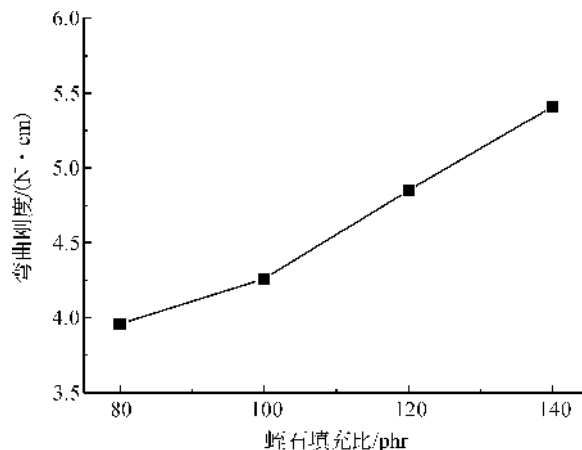


图6 蛭石填充比对PVC基隔声复合材料刚度的影响

3 结论

a) 蛭石/PVC复合材料中,由于蛭石本身特殊的层状结构,使复合材料的隔声性能有一定的提高,隔声效果的提高主要在中高频区域。

b) 蛭石/PVC复合材料中,蛭石含量的增加,其复合材料的损耗因子 $\tan\delta$ 曲线的峰值是降低的,表明蛭石不能提高声阻尼效果,而是以声波在蛭石的层次结构中折射、反射来阻隔声波。

c) 蛭石/PVC复合材料中,蛭石含量的增加会降低复合材料的拉伸力学性能和刚柔性,但力学性能仍保持在日常应用的范围内。

参考文献:

- [1] 连萍,徐秀峰. 阻尼降噪材料的研究进展[J]. 化工环保, 2007, 27(1): 41-45.

- [2] 肖大玲, 刘俊杰, 赵秀英. 聚合物基阻尼材料的研究进展[J]. 橡胶工业, 2010(2): 121-127.
- [3] Voronina V V, Horoshen K K V. Acoustic properties of unconsolidated granular mixes[J]. Applied Acoustics, 2004, 65(1): 679-691.
- [4] 蔡俊, 徐菲, 蔡伟民. 聚氯乙烯基复合隔声材料的研究[J]. 环境化学, 2005, 24(6): 700-702.
- [5] 罗勇波, 姚跃飞. 炼钢炉渣粉填充聚氯乙烯基隔声材料的研究[J]. 浙江理工大学学报, 2007, 24(5): 513-517.
- [6] 刘慧. 填充物对聚氯乙烯基柔性隔音复合材料性能影响的研究[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2011.
- [7] 肖山宏, 傅雅琴, 姚跃飞. 铅纤维/聚氯乙烯复合材料隔声性能研究[J]. 浙江工程学院学报, 2004, 21(4): 275-278.
- [8] 张友南, 杨军, 贺才春. 阻尼材料的研究与应用[J]. 噪声与振动控制, 2006, 4(2): 38-41.
- [9] 厉敏华, 陈玉华. 蛭石在非传统领域的应用现状及发展前景[J]. 非金属矿, 1988(5): 33-35.
- [10] 王春风. 蛭石及其复合隔热材料的组成、结构与性能[D]. 武汉: 武汉科技大学, 2012.
- [11] 刘福生, 彭同江, 张宝述. 膨胀蛭石的利用及其新进展[J]. 非金属矿, 2001, 24(4): 5-7.
- [12] 张邦俊, 翟国庆. 环境噪声学[M]. 2版. 杭州: 浙江大学出版社, 2001: 265-271.
- [13] 石勇, 朱锡, 李永清. 分层吸声结构的声学设计与性能分析[J]. 应用声学, 2007(5): 300-304.

Research on Sound Insulation Property of Vermiculite/PVC Composite

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

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

Abstract: This research adds vermiculite to PVC resin and prepares vermiculite/PVC composites of different proportions with compression molding method, observes the microstructure of materials through SEM scanning electron microscope, studies the influence of vermiculite on sound insulation property of composites through dual-track analyzer and tests the damping capacity and tensile mechanical property of vermiculite/PVC composites of different proportions through dynamic thermal mechanical analyzer and universal material testing machine. The result shows that vermiculite/PVC composite has a good sound insulation property and its sound insulation property is better than that of BaSO_4 /PVC composite sound insulating material at close surface density. The improvement of its sound insulation effect is mainly achieved in regions of medium-high frequency.

Key words: PVC; vermiculite; sound insulation; composite

(责任编辑: 张祖尧)