

PVC 改性沥青/蛭石复合材料的隔声性能研究

孙矿华¹,姚跃飞¹,虞兴华²,杨 杰²,甘晶晶¹

(1. 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;

2. 杭州天象声学技术有限公司,杭州 310015)

摘 要:通过制作出不同蛭石含量的 PVC 改性沥青/蛭石复合材料,研究其隔声性能。对复合材料进行微观形态的观察、隔声性能及力学性能的测试。结果表明:经 PVC 改性过的沥青与蛭石相容性良好,制做出的复合材料具有较好的隔声性能;在相近的面密度下,蛭石含量和蛭石目数的变化对复合材料隔声性能的影响主要在声频>1250 Hz 的区域;随着面密度的增加,复合材料隔声量增高,主要体现在 200~2000 Hz 的声频区。

关键词:沥青;蛭石;PVC;隔声;复合材料

中图分类号: TU55⁺2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-3851 (2016) 05-0708-05 **引用页码:** 090208

0 引 言

经过改性处理后的沥青,具有良好的阻尼性能^[1-2],可用于降噪材料。沥青阻尼材料作为车身附件的减振隔声零件,已在汽车工业中得到了广泛的应用^[3]。沥青流动性好,具有很好的粘合力,可以把各种松散的材料包裹起来,故沥青作为降噪材料具有很大的优势^[4]。蛭石内部具有独特的片层结构,常作为吸声材料使用,并具有质轻、防火且价格低廉等优点^[5-6]。梁永胜^[7]用蛭石作为阻燃剂加入到沥青中,所制备的沥青制品具有良好的阻燃性能。由于沥青具有良好的阻尼性能,蛭石又具有层状结构使声波多次反射而衰减,并提高沥青复合材料的阻燃性。因此通过沥青的改性并制作含有蛭石的复合材料有可能具有良好的隔声性能,本文通过制作沥青、蛭石等的复合材料,研究其隔声等性能。

本研究通过 PVC 对沥青进行改性处理,制作蛭石含量不同的复合材料,主要研究的内容为:不同的蛭石含量,不同的蛭石目数,以及不同的面密度对复合材料隔声性能的影响及机械性能的影响。

1 实验部分

1.1 实验原料

10 号石油沥青(针入度 32 mm,延度 87 cm,软化点 100 ℃,闪点 110 ℃,广州奇工建材有限公司)、聚氯乙烯树脂(PVC,SG5 型,白色粉末,杭州电化集团有限公司)、邻苯二甲酸二辛酯(DOP,油状液体,杭州联骏化工有限公司)、氯化石蜡(CP,52 型,淡黄色粘稠液体,南京荣基化工有限公司)、钡锌稳定剂(黄色清澈液体,济南海德化工有限公司)、蛭石(金黄色粉末,河北方盛矿产品有限公司)。

1.2 原料预处理

使用相应目数的标准筛分别筛选出适量的 20、40、60、80 目的蛭石,将 PVC 和筛选出的蛭石放入 80℃烘箱中干燥 8 h 后,取出装入密封袋备用。

1.3 试样制备

选用沥青:PVC:DOP:CP:钡锌稳定剂质量比为 100:60:24:24:2。将 10 号石油沥青放入聚四氟乙烯烧杯中,在 160 ℃油浴中加热融化,将 PVC、DOP、CP、钡锌稳定剂按相应质量比混合均匀后,加放入完全融化的沥青中,搅拌 30 min,待其充分溶胀后

加入实验设定的蛭石,混合均匀,取出放入模具中,经160℃的平板硫化机5 MPa压力加压15 min压制成型,待试样冷却至室温后取出,最后把试样剪裁成250 mm×250 mm的正方形进行隔声性能的测试。

1.4 测试方法

1.4.1 微观形貌观察

利用热场发射扫描电子显微镜(Ultra55,Zessi公司)对PVC改性沥青/蛭石复合材料的微结构进行观察,研究PVC改性沥青和蛭石的结合相容性。

1.4.2 试样隔声性能的测试

参照GB/T 19889.3—2005、GB/T 19889.10—2006标准采用混响室—消声室法,如图1测试系统用BSWA VS302USB双通道声学分析仪对隔声性能进行测试,用Spectra LAB软件处理数据。选择A计权网络,1/3倍频程,粉红背景噪声源,静音箱体积:1000 mm×1000 mm×1000 mm。声音的取样频率取48000;抽取速率取1;傅立叶变换样本数取4096。混响室噪声量控制调整为90 dB测试值。首先,测试在没有试样时的空气的自由衰减量。然后,把试样固定于测试孔上,测试此刻声音衰减的总量。最后,试样对噪声的实际衰减量计为声音的衰减总量减空气的自由衰减量。每种试样测试5块,每块重复测试4次,测试平均值作为测量的隔声数据。

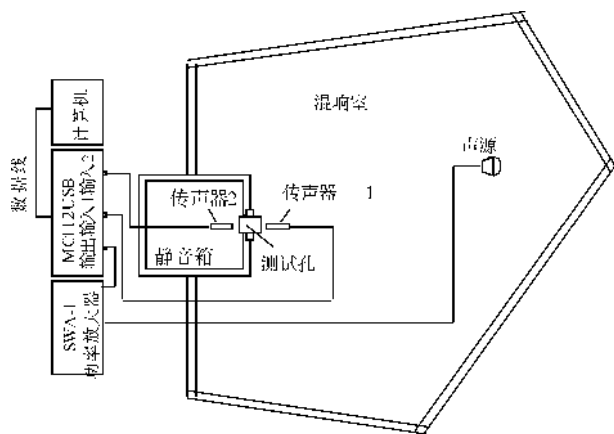


图1 隔声测试系统

1.4.3 试样拉伸性能测试

参照国家标准GB/T 1447—2005,用万能材料试验机(2365型,英国INSTRON公司)对试样进行拉伸性能测试,预加张力为2 N,夹距为100 mm。

2 实验结果与讨论

2.1 形态结构观察

图2为蛭石的扫描电镜照片,蛭石具有很好的片层结构间发生无数次的反射、折射、透射,最终声波在传播过程中衰减,所以蛭石具有隔声性能。图3为PVC改性沥青/蛭石复合材料的断面扫描电镜照片,可以看出,经过PVC改性后的沥青与蛭石无明显的界面出现,两者具有很好的相容性,蛭石在复合材料中仍保持天然的层状结构。沥青在升温到160℃时,由弹性固体转化为黏性液体,包裹在蛭石表面。对蛭石而言,PVC改性沥青起到了粘结剂的作用,又因为改性沥青的高阻尼作用达到隔声的目的。

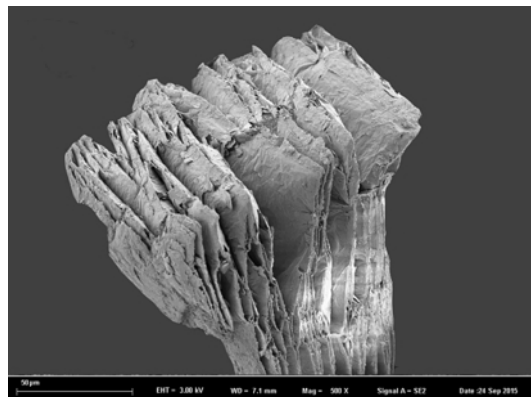


图2 蛭石 SEM 照片

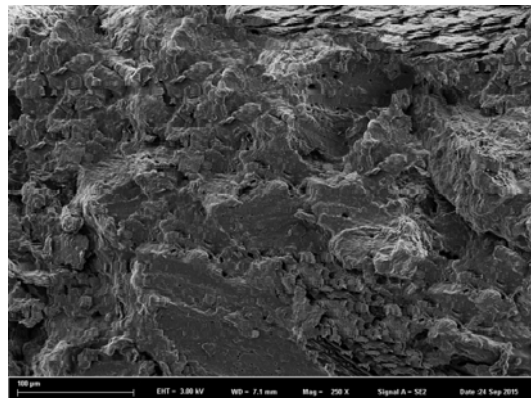


图3 复合材料断面 SEM 照片

2.2 蛭石含量对PVC改性沥青/蛭石复合材料的隔声性能的影响

表1是实验制得的不同蛭石含量的7种试样的相关参数,为探索不同蛭石含量对复合材料隔声量的影响,对表1中7种试样进行了隔声特征曲线测定,结果见图4。复合材料的隔声特征基本符合单层隔声板的典型隔声频率特征:在声频200~700 Hz区域,试样隔声量主要受劲度控制,随着频率的增加隔声量略有降低;在声频700~1250 Hz区域,试样隔声量主要受质量控制,随频率的增加隔声量随之增加;在声频>1250 Hz时,隔声量由于吻合效应而出现下降的现象,在声频2000 Hz左右产生一个“吻合谷”^[9],最后隔声量随频率的增大而增大。

试样 1[#]至 7[#]在整个频段的隔声量基本上是 1[#]<2[#]<3[#]<4[#]<5[#]<6[#],在相近面密度下,蛭石的填充使复合材料的隔声性能明显提高,随着蛭石填充量的增大,复合材料隔声量也随之增加。隔声量在声频<1250 Hz 时区域提高不明显,因为在此区域复合材料的隔声量主要跟材料面密度相关,7 种试样的面密度相差很小,所以隔声量相差很小。隔声量在声频>1250 Hz 区域增加相对显著,一则蛭石内部具有很多层状结构,噪声传播会发生很多的折射、反射、透射等,由于蛭石的层间也是不规则的,所以声波在层间会发生多次的再折射,再反射,再透射等,而频率越高噪声的衰减就越大;二则蛭石含量增多蛭石层状结构相对增多,反射面也增多,噪声衰减相对增大。最后随着蛭石含量的增加,蛭石与沥青结合的比表面积也增加,沥青大分子链与蛭石的内摩擦力也会增加,因复合材料的阻尼性增加,提高对声波的损耗作用^[2]。当蛭石份数填充到 140 份时隔声量不但不增加,反而下降,这可能是随着蛭石含量的增加,沥青含量相对减少,沥青高分子链对蛭石的包裹程度越来越差,沥青与蛭石间的结合效果也越来越差,复合材料内部在会产生细小的缝隙,当声波传播到复合材料表面时,声波透射的比例会大大的增多,相应的隔声量也会随之下降,魏亚兵等^[10]在研究木塑复合材料的隔声性能时也呈现相同规律。

表 1 试样相关参数

样号	蛭石目数	蛭石含量/份	面密度/(kg·m ⁻²)	厚度/mm
1 [#]	0	0	4.40	3.52
2 [#]	60	90	4.41	3.24
3 [#]	60	100	4.44	3.28
4 [#]	60	110	4.42	3.34
5 [#]	60	120	4.39	2.38
6 [#]	60	130	4.43	3.40
7 [#]	60	140	4.42	3.44

注:表中的份数为沥青质量份数为 100 为基准。

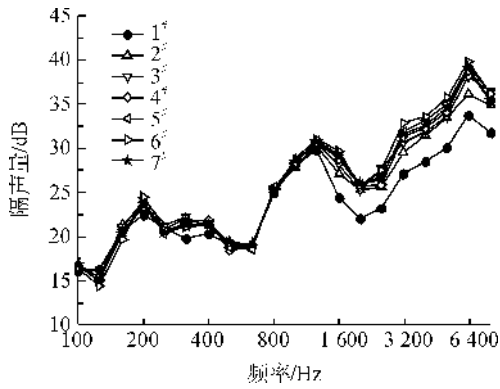


图 4 不同蛭石含量的隔声曲线

2.3 蛭石目数对 PVC 改性沥青/蛭石复合材料的隔声性能的影响

表 2 为实验制得的 5 种不同蛭石目数的试样相关参数,为探索蛭石目数对复合材料隔声量的影响,对表 2 中 5 种试样进行了隔声特征曲线测定,结果见图 5,随着蛭石目数的减小其隔声效果略有增高,且都高于未添加蛭石的 PVC 改性沥青复合材料。在声频<1250 Hz 区域,此区域隔声量主要受复合材料的质量控制,由于复合材料面密度相近所以隔声效果相差并不明显,在声频>1250 Hz 区域,隔声效果相对明显。这可能是随蛭石目数的减小,蛭石的粒径增大,蛭石本身的片层结构就会增多,使声波的衰减量增多,有助于提高复合材料的隔声效果。

表 2 试样相关参数

样号	蛭石目数	蛭石含量/份	面密度/(kg·m ⁻²)	厚度/mm
1 [#]	0	0	4.40	3.52
8 [#]	80	100	4.38	3.26
3 [#]	60	100	4.44	3.28
9 [#]	40	100	4.41	3.36
10 [#]	20	100	4.42	3.44

注:表中的份数为沥青质量份数为 100 为基准。

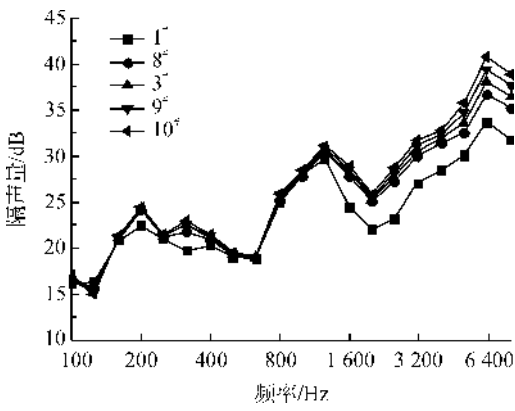


图 5 不同蛭石目数的隔声曲线

2.4 面密度对 PVC 改性沥青/蛭石复合材料的隔声性能影响

表 3 为实验制得的 5 种不同面密度的试样相关参数,通过控制模具中添加的复合材料的总重量来控制复合材料的面密度,相邻 2 块试样面密度相差大约 0.9 kg·m⁻²,为探索面密度对复合材料隔声量的影响,对表 3 中 5 种试样进行了隔声特征曲线测定,结果见图 6。随着试样面密度的增加,复合材料的隔声量也随之增加,在声频 200~2000 Hz 区域,隔声量较为明显;在 2000 Hz 附近,由于吻合作用的影响,隔声增加量减小;在 200 Hz 以下隔声量变化量不大。11[#]试样面密度为 3.46 kg·m⁻²到

14[#] 试样面密度为 $6.88 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 面密度基本增加一倍。按隔声理论中的单层匀质质量定律^[11], 面密度增加一倍, 隔声量增加 6 dB, 图 6 数据可以看出, 本复合材料的隔声量变化大约只有 4 dB, 低于面密度理论的隔声量。并且随面密度的增加隔声量的增幅变小, 13[#] 试样与 14[#] 号试样隔声量变化相差只有 0.5 dB, 可见 PVC 改性沥青/蛭石复合材料的隔声性能受自身材料的多种因素制衡^[12], 仅仅依靠提高复合材料面密度来提高其隔声量的效果有限, 应该与重质材料复合来进一步提高其隔声性能。

表 3 试样相关参数

样号	蛭石目数	蛭石含量/份	面密度/ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	厚度/mm
11 [#]	60	100	3.46	2.61
3 [#]	60	100	4.44	3.28
12 [#]	60	100	5.44	4.04
13 [#]	60	100	6.29	4.64
14 [#]	60	100	6.88	5.16

注: 表中的份数为沥青质量份数为 100 为基准。

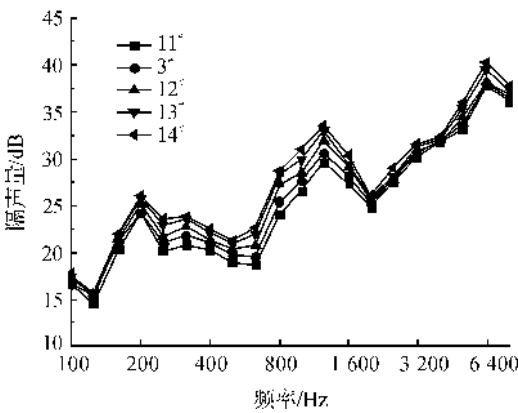


图 6 不同面密度的隔声曲线

2.4 蛭石含量对 PVC 改性沥青/蛭石复合材料的拉伸性能影响

图 7 为表 1 中 1[#]—7[#] 号试样的拉伸强度曲线图, 由图 7 可知随着蛭石含量的增加, 复合材料的拉

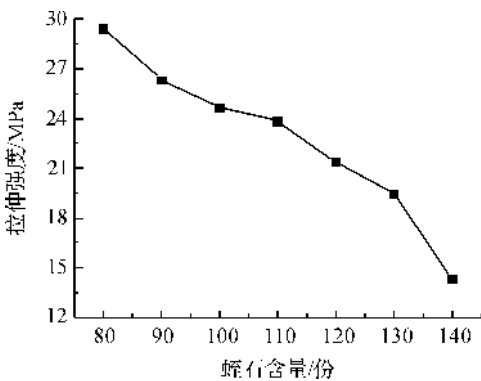


图 7 不同蛭石含量的拉伸强度曲线

伸强度逐渐降低。这是因为, 蛭石本身承力不好, 蛭石的添加破坏了沥青大分子链的连续性, 在相同面密度下, 蛭石含量增多, 沥青的含量减少, 拉伸性能也逐渐降低。当蛭石含量增加到为 130 份以后拉伸性能急剧下降, 这是因为此时沥青大分子对蛭石的包裹程度很差, 粘结性减少, 拉伸强度大幅下降。

3 结 论

a) 经 PVC 改性过的沥青与蛭石具有很好的相容性, 制成的复合材料具有较好的隔声性能。

b) 相同目数的蛭石在相同面密度下, 蛭石的填充使复合材料的隔声量提高, 随着蛭石含量的增加 PVC 改性沥青/蛭石复合材料的隔声性能先增高后减小, 在声频 $>1250 \text{ Hz}$ 区域更加明显。

c) 相同蛭石含量在相同面密度下, 随蛭石目数的增大, 蛭石粒径减小, PVC 改性沥青/蛭石复合材料的隔声量略有减小, 在声频 $>1250 \text{ Hz}$ 区域隔声量的减小相对明显。

d) 在相同蛭石含量和相同蛭石目数下, 随 PVC 改性沥青/蛭石复合材料面密度的增加, 隔声性能有所增高, 在声频 $200 \sim 2000 \text{ Hz}$ 区域更为明显, 但隔声量的提高低于面密度理论的隔声量。

参考文献:

[1] 王岚, 胡江三, 陈刚. 聚合物改性沥青及混合料高低温性能试验研究[J]. 公路工程, 2014, 39(4): 69-72.

[2] 袁海宾, 姜志国, 李效玉. 沥青型阻尼材料的性能研究[J]. 化工新型材料, 2006, 34(9): 83-86.

[3] 倪健, 陈攀登, 张国忠. 汽车涂装阻尼板相关问题探讨[J]. 现代涂料与涂装, 2013, 16(2): 57-58.

[4] ZHANG H L, JIA X J, YU J Y, et al. Effect of expanded vermiculite on microstructures and aging properties of styrene-butadiene-styrene copolymer modified bitumen [J]. Construction and Building Materials, 2013, 40(1), 224-230.

[5] 陈志坤, 刘文涛, 何素芹, 等. 聚合物/蛭石复合材料的研究进展[J]. 工程塑料应用, 2009, 37(2): 84-87.

[6] 习永广, 彭同江. 膨胀蛭石/石膏复合保温材料的制备与表征[J]. 复合材料学报, 2011, 28(5): 156-161.

[7] 梁永胜. 氢氧化铝/层状硅酸盐阻燃沥青的制备及其协同阻燃机理研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2013: 47-50.

[8] 张春晓, 何翔, 李磊, 等. 高黏弹沥青阻尼垫研制及其冲击隔离性能试验研究[J]. 振动与冲击, 2015, 34(14): 194-199.

[9] 姚跃飞, 罗勇波, 高磊, 等. 聚氯乙烯基隔声材料中填充炼钢炉渣粉[J]. 复合材料学报, 2008, 25(2): 74-79.

- [10] 魏亚兵,姚跃飞,虞华东,等. 木塑复合材料的隔声性能研究[J]. 浙江理工大学学报, 2015, 33(5): 655-659.
- [11] 张邦俊,翟国庆. 环境噪声学[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2001: 265-271.
- [12] HUNG T C, HUANG J S, WANG Y W. Inorganic polymeric foam as a sound absorbing and insulating material [J]. Construction and Building Materials, 2014, 50(1): 328-334.

Research on Sound Insulation Property of PVC Modified Asphalt/Vermiculite Composite

SUN Kuanghua¹, YAO Yuefei¹, YU Xuehua², YANG Jie², GAN Jingjing¹

- (1. Key Laboratory of Advanced Textile Materials and Manufacturing Technology, Ministry of Education, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China;
2. Hangzhou Tianxiang Acoustic Technology Co., Ltd., Hangzhou 310015, China)

Abstract: PVC modified Asphalt/Vermiculite composites with different vermiculite content were prepared to research sound insulation property of composites. The microtopography of composites was observed, and the sound insulation property and mechanical property were tested. The result shows that: vermiculite has a good compatibility with PVC modified Asphalt, and the composites have the excellent property of sound insulation; under the similar surface density, changes in the quantity of vermiculite and vermiculite content mainly influence sound reduction index of composites in the frequency region over 1250 Hz. Sound insulation performance of the composites decreases with the increasing surface density, which is mainly reflected in the frequency region from 200 to 2000 Hz.

Key words: asphalt; vermiculite; PVC; sound insulation; composite

(责任编辑: 唐志荣)