



基于凝胶层间结构复合材料的隔声性能

李 胜,姚跃飞

(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: 为了研究凝胶的隔声性能,将凝胶涂覆于硅酸钙板和玻镁板之间,复合玻纤织物,制备凝胶层间结构的复合材料。利用双声道分析仪分析研究了凝胶位置、凝胶厚度和复合玻纤织物对层间结构复合材料隔声性能的影响。研究表明:利用复合凝胶层,减少了吻合效应;层间结构复合材料的隔声量随凝胶厚度增加而变大,但厚度大于 3 mm 后,隔声量增幅减缓;复合玻纤织物后,进一步提高了结构的隔声性能。

关键词: 凝胶;复合材料;玻纤织物;层间结构;隔声

中图分类号: TB34

文献标志码: A

文章编号: 1673-3851 (2019) 01-0037-05

Sound insulation property of composite materials based gel laminated structure

LI Sheng, YAO Yuefei

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

Abstract: In order to study the sound insulation properties of the gel, the gel was coated between a calcium silicate board and a glass magnesium board, and the glass fiber fabric was composited to prepare composite materials with the laminated structure. The influence of gel position, gel thickness and composite glass fiber fabric on sound insulation property of composite materials with the laminated structure was analyzed by the double channel acoustic instrument. The results show that the use of composite gel layer reduces the anastomosis effect. The sound insulation effect of composite materials with the laminated structure increases with the increase of the gel thickness. But after the thickness exceeds 3 mm, the increase range of the sound insulation decreases. After glass fiber fabric was composited, the sound performance of laminated structure further improved.

Key words: Gel; composite material; fiberglass fabric; laminated structure; sound insulation

0 引 言

凝胶是一种半固体状态的稠厚物质,具有粘弹性,在受到力的冲击时,由蠕变吸收部分冲击能量,产生高阻尼性。凝胶由于其特殊的网状结构,结构稳定,受到外力挤压可以自愈,具有无毒、无味等特性^[1],通过不同成分组合可获得不同粘弹性的凝胶^[2-4]。张树燕^[5]将高分子阻尼胶涂覆于轻钢龙骨外

壁,利用高分子阻尼胶的高阻尼性,可获得具有较好隔声性能的墙体;郭焱等^[6]将粘结性阻尼涂料涂覆于船舶表面,配合其它材料构成约束阻尼结构,以达到良好的降噪效果。但上述研究没有单独探究凝胶的隔声性能,未涉及凝胶层间结构的隔声性能研究。在层间结构复合材料中,潘涵等^[7]将玻纤织物与聚氯乙烯基复合材料复合制备层间结构复合材料,该复合材料具有较好隔声性能。将凝胶与玻纤复合,为进一步

提高材料隔声性能提供了可能。本文为了研究凝胶层间构件复合材料的隔声特性,选取的凝胶主要由含乙烯基的聚二有机硅氧烷与含氢硅氧烷在催化剂的作用下发生交联反应^[8]制成,将凝胶涂覆于不同厚度的硅酸钙板和玻镁板之间,在隔声理论中为了减少吻合效应采用不同材料不同厚度板材进行层间组合^[9],研究了加入凝胶位置、凝胶厚度和复合玻纤织物与层间结构复合材料隔声性能的变化规律。

1 实验部分

1.1 原材料

凝胶(A料:有机硅树脂和催化剂;B料:有机硅树脂和交联剂、抑制剂等助剂;无色透明,PT-5121,上海普汰新材料科技有限公司;凝胶反应后硬度为0(shore-A),针入度360(1/10 mm),粘度为800~1000(cps),工作温度-60~250℃),基本反应式如

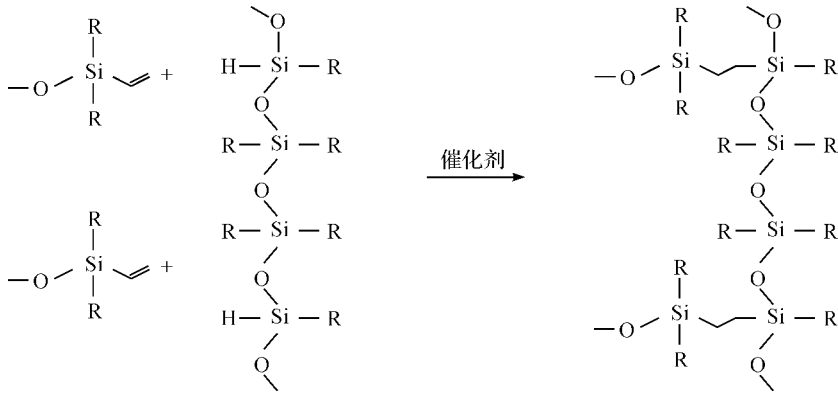


图1 反应式

表1 试样基本参数

试样编号	层间结构	总厚度/mm	凝胶厚度/mm	面密度/(kg·m ⁻²)
1 [#]	硅酸钙板+玻镁板	14.02	0	17.376
2 [#]	硅酸钙板+凝胶1 mm+玻镁板	15.08	1.08	18.672
3 [#]	硅酸钙板+凝胶2 mm+玻镁板	15.96	1.96	20.366
4 [#]	硅酸钙板+凝胶3 mm+玻镁板	17.12	3.12	21.904
5 [#]	硅酸钙板+凝胶4 mm+玻镁板	18.02	4.02	23.568
6 [#]	硅酸钙板+凝胶5 mm+玻镁板	19.10	5.10	25.120
7 [#]	硅酸钙板+凝胶/1层玻纤+玻镁板	17.32	3.02	21.912
8 [#]	硅酸钙板+凝胶/2层玻纤+玻镁板	17.53	3.04	21.946

1.3 隔声性能测试

采用混响室-消声室法,参照GB/T 19889.3—2005、GB/T 19889.10—2006标准,对层间结构复合材料进行隔声性能测试,测试系统如图3所示,使用测试系统是BSWA VS302USB,处理数据软件为Spectra LAB,测试中选取计权网络A,声压级选择在90 dB,倍频程为1/3,测试样品大小为25 cm×25 cm的正方形。无指向性声源、部件按照图3连接。先

图1所示;硅酸钙板(8 mm,杭州青春树板业有限公司);玻镁板(6 mm,杭州青春树板业有限公司);玻纤织物(EW200;经密180根/10 cm,纬密124根/10 cm,单丝根数400根,面密度194.4 g/m²,厚度0.204 mm,透气量237.1 L/(m²·s),杭州玻璃集团有限公司)。

1.2 试样制备

将硅酸钙板、玻镁板和玻纤织物裁剪成25 cm×25 cm的规格,用砂纸将板材磨平后待用,将凝胶A料和B料按照质量比1:1均匀混合,涂覆于板材之间,放置于水平操作平台上,静置30 min固化,继续静置4 h待其成型,在操作时间内将凝胶平缓涂覆完毕,否则影响凝胶自由流平,通过控制凝胶的质量调节凝胶的厚度,按照表1中配比制备不同层间结构复合材料;图2是层间结构复合材料示意,其中试样2[#]—6[#]是只改变凝胶厚度的一组试样。

在没有试样的情况下,测试噪声的自由衰减量。再把试样固定在测试孔上,测试此时的声音衰减量(总衰减量)。数据分析时,层间结构复合材料的隔声量由声衰减总量减去自由衰减量。每个试样正反面测试,共8次,计算平均值,作为该试样的隔声量。通常用R表示隔声量,R可用公式(1)表示:

$$R=10\times\lg\frac{I_i}{I_t}=10\times\lg\frac{1}{\tau}=10\times\lg\frac{E_i}{E_t}\tag{1}$$

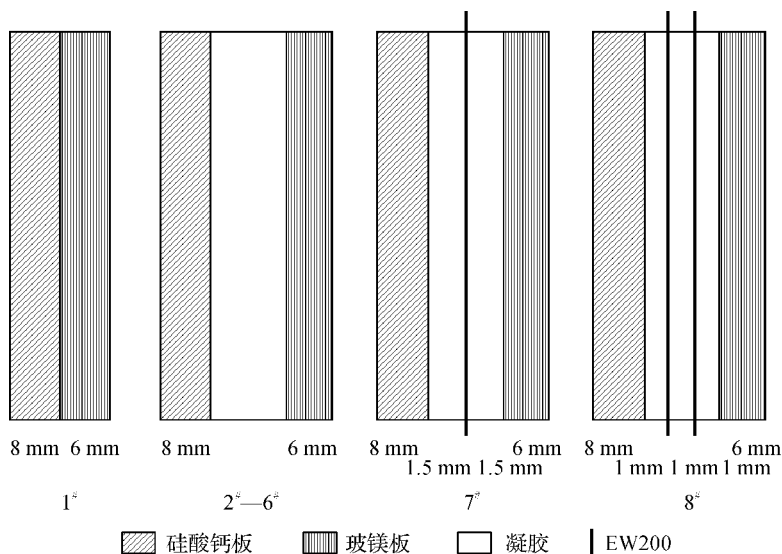


图 2 层间结构复合材料示意

其中: I_i 为声波的入射强度; I_t 为声波透过层间结构的透过强度; τ 为声音的透过率; E_i 为声波的入射能量; E_t 为声波的透过能量。

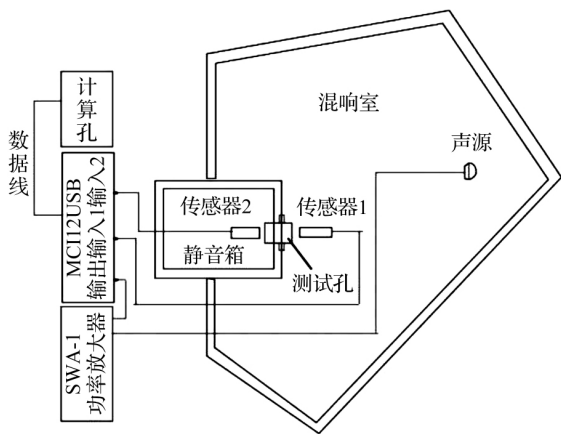
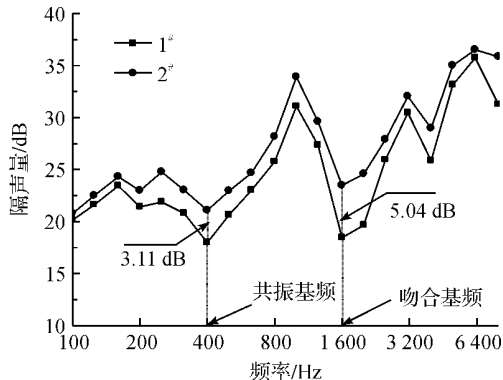


图 3 隔声测试系统

转移,由蠕变吸收部分冲击能量;另外由于凝胶作为芯层被两边硬质板材约束,产生一定的剪切形变,进一步消耗声能。凝胶的加入,尤其改善了共振声频区域和吻合效应声频区域的隔声量。

图 4 试样 1[#] 和 2[#] 的隔声曲线

2 结果与分析

2.1 凝胶的加入对层间结构复合材料隔声性能的影响

对表 1 中试样 1[#] 和试样 2[#] 进行隔声性能测试,测试结果见图 4。从图 4 中可以看出,基于凝胶层间结构的复合材料在整个声频段区域内隔声量增大,尤其在共振声频段和吻合区域声频段。400 Hz 声频段处,复合材料隔声量 R 增加 3.11 dB;1600 Hz 声频段处,复合材料隔声量 R 增加 5.04 dB。这是因为,采用凝胶粘结硬质板材,减少板与板之间的振动,抑制了板的共振振幅,防止板材刚性连接,破坏“声桥”^[10]。当声波入射到试样 1[#] 和 2[#] 时,首先被硅酸钙板和玻镁板反射一部分,部分声振动传播到凝胶时,凝胶受振动而被挤压变形,即一部分声能被

2.2 凝胶厚度对层间结构复合材料隔声性能的影响

对表 1 中试样 2[#]—6[#] 进行隔声性能测试,测试结果见图 5,由图 5 可以看出,试样 2[#]—6[#] 在整个声频段隔声量基本上是 2[#]<3[#]<4[#]<5[#]<6[#]。参照表 1 可知,随着凝胶厚度的增大,在整个声频段,层间结构复合材料的隔声量增加。这是因为当凝胶厚度增大,两块板材间距变大,声波的传播路径变宽,产生大量能量消耗,同时凝胶对声能的缓冲与吸收效果更好,破坏板材刚性连接,因此层间结构复合材料的隔声量增加;另外硅酸钙板与玻镁板受到声波的作用产生振动,凝胶夹心层受到板材的制衡,伸缩变形减少,各层之间发生剪切作用,消耗声能,凝胶厚度越大,所消耗的振动能量越高,因此层间结构复合材料的隔声量增大。

为了分析凝胶厚度增大时层间结构复合材料的隔声量变化趋势,将不同厚度的 400 Hz 和 1600 Hz 声频单独做曲线对比,结果如图 6 所示。从图 6 中

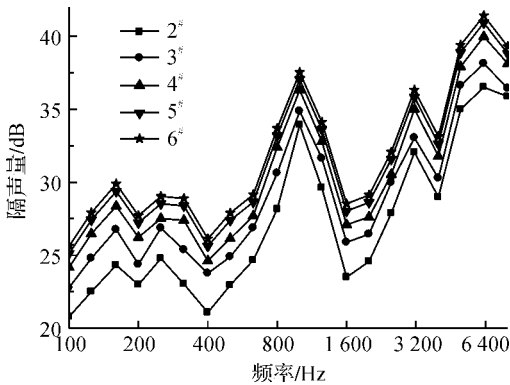


图5 试样2[#]—6[#]的隔声曲线

可以看出,随着凝胶厚度的增加,两个声频段处隔声量增加,两条曲线变化趋势趋于一致。当凝胶厚度从1 mm到3 mm时,隔声量增长幅度大;从1 mm增加到2 mm时,400 Hz和1600 Hz声频处隔声量分别增加3.2 dB和3.4 dB;但当凝胶厚度大于3 mm后,层间结构复合材料的隔声量增长缓慢,其中凝胶厚度为4 mm的试样比3 mm的只增加了0.82 dB。因此,提高凝胶的厚度,层间结构复合材料的隔声性能增大;当凝胶厚度大于3 mm时,隔声量增

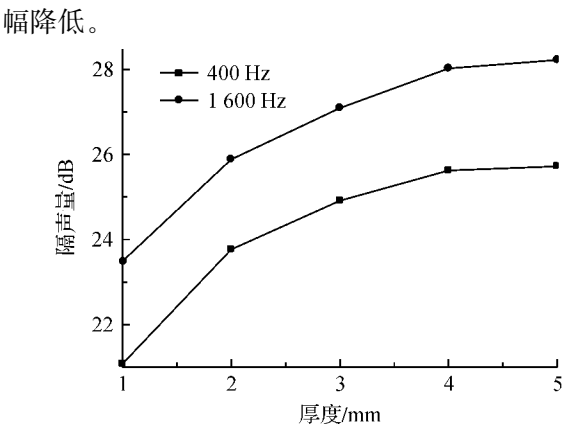


图6 400 Hz和1600 Hz声频处隔声量随凝胶厚度变化曲线

2.3 玻纤维物的加入对凝胶层间结构复合材料隔声性能的影响

由上述研究可知,凝胶厚度大于3 mm后,层间结构复合材料隔声量增幅降低,因此在凝胶厚度为3 mm的结构复合材料中分别加入一层和两层玻纤维物制备层间结构,对其进行隔声性能测试。首先研究单层玻纤维物的隔声特性,表2为单层玻纤维物的基本参数。

表2 单层玻纤维物的基本参数

材料	厚度/mm	面密度/(g·m ⁻²)	透气量/(L·m ⁻² ·s ⁻¹)	经密/(根·(10 cm) ⁻¹)	纬密/(根·(10 cm) ⁻¹)
玻纤维物	0.21	194.4	237.1	180	124

对表2中的单层玻纤维物进行隔声性能测试,结构如图7所示。单层玻纤维物的隔声性能较差,在500 Hz声频左右,隔声量仅有0.64 dB,在3150 Hz声频处吻合效应明显,这是因为玻纤维物相比于密实的板材透气性强,当声波入射到玻纤维物表面时,由于织物表面存在大量孔隙,声波由孔隙透射过去。但由于玻纤维物由大量玻纤单丝构成,玻纤单丝质量轻,极易振动变形,单丝与单丝之间可以困阻气体的流出,利用玻纤维物的单丝振动和纤维孔洞滞留的空气摩擦,将玻纤维物与凝胶复合,为进一步提高层间结构复合材料的隔声量提供了可能。

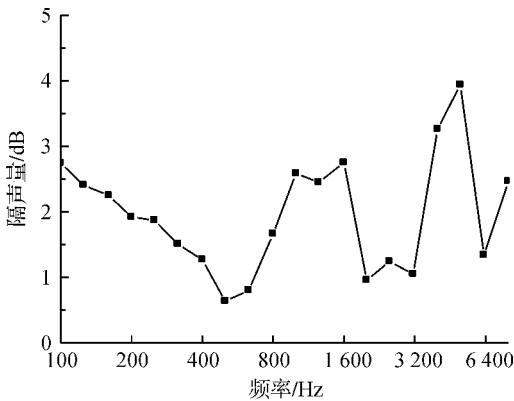


图7 单层玻纤维物隔声特性曲线

加入玻纤之后的隔声特性曲线对比如图8所示,从图中可以看出,三种试样的隔声量从大到小依次是8[#]、7[#]、4[#]。玻纤维物的复合提高了层间结构复合材料的隔声量,在试样4[#]的基础上,试样7[#]的隔声量增加1.2 dB左右。随着玻纤维物层数的增多,复合材料的隔声量继续增大,在试样7[#]的基础上,试样8[#]的隔声量提高0.8 dB左右。这是因为,一方面玻纤维物的单丝是由大量质轻细小的纤维构

成,这种构造使纤维与纤维之间易产生振动,并且纤维之间存在大量孔隙,当声波入射到玻纤维物时,一部分声波被反射,一部分声波传播到纤维孔隙中,声波与孔隙中的滞留空气剧烈摩擦,声能被大量转变成热能;另一方面,复合两层玻纤维物后,复合材料分层界面增多,增多声波的反射,但隔声量的增加量小于单层玻纤维物的层合结构复合材料。因此,复合玻纤维物后,层间结构复合材料的隔声量增大,复合两层玻纤维物的复合材料隔声性能较好。

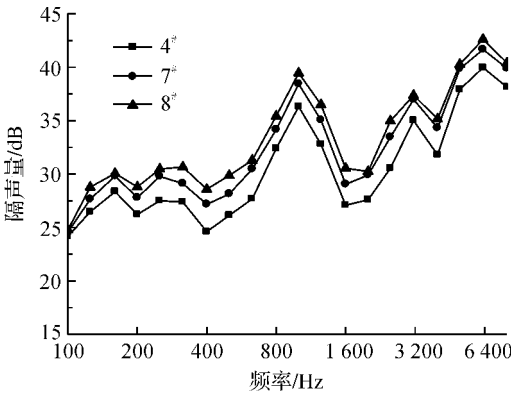


图 8 试样 4[#]、7[#] 和 8[#] 的隔声曲线

3 结 论

通过制备基于凝胶层间结构的复合材料,对其进行隔声性能测试,对比分析发现:

- a) 在整个声频段,基于凝胶层间结构复合材料的隔声性能优异,尤其在共振声频区和吻合效应声频区提高明显。
- b) 不同凝胶厚度的层间结构复合材料,随着凝胶厚度增大,复合材料隔声性能增大,但增幅减小。
- c) 复合单层玻纤维织物的层间结构复合材料,隔声量增大;复合双层玻纤维织物的层间结构复合材料的隔声性能优于复合单层玻纤维织物的层间结构复合材料,但隔声量的增加量小于单层玻纤维织物的层间

结构复合材料。

参考文献:

[1] 邱浩孟,王坤,曾幸荣,等.室温固化加成型有机硅灌封胶粘接性能研究[J].广东化工,2017,44(17):52-54.

[2] 李光.加成型硅橡胶胶粘剂的制备及性能研究[D].天津:天津大学,2015:29-35.

[3] 曾智,李鸿岩,陈立斌,等.有机硅在高速铁路领域的应用[J].有机硅材料,2017,31(s1):96-105.

[4] 王沛喜.新型有机硅灌封胶[J].中国胶粘剂,2009,18(10):7.

[5] 张树燕.轻质墙体隔声性能研究[D].西安:西安建筑科技大学,2009:50-53.

[6] 郭焱,王宝柱,温喜梅,等.新型阻尼涂料在舰船减振降噪中的应用[C]//廖龙英,白云.2017 年全国声学设计与噪声振动控制工程学术会议论文集.长沙:工业建筑杂志社,2017:128-134.

[7] 潘涵,姚跃飞,刘慧,等.玻纤维织物/PVC 基复合材料的层间结构隔声性能[J].浙江理工大学学报,2012,29(3):319-323.

[8] 甘晶晶,姚跃飞.层合隔声材料的制备与性能研究[D].杭州:浙江理工大学,2016.

[9] 吕虎,孙东洲,孔宪志,等.新型加成型有机硅树脂的合成[J].化学与黏合,2015,37(6):397-399.

[10] 梁士民,张玉瑾.列车地板隔声优化研究[J].河北建筑工程学院学报,2013,31(1):79-82.

(责任编辑:唐志荣)