DOI:10.13475/j.fzxb.2009.02.007
第30卷 第2期 纺 织 学 报 Vol.30 No.2
2009年2月 Journal of Textile Research Feb. 2009
文章编号:0253-9721(2009)02-0052-04

玻璃纤维织物结构参数对隔声性能的影响

姚跃飞,高 磊,杨琼丽,俞来明,罗勇波,傅雅琴,刘冠峰
(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,浙江 杭州 310018)

摘 要 为研究玻璃纤维织物的隔声性能,选择EW100、EW200和EW300 3种不同经纬密度、线密度和层数的玻璃纤维平纹织物,采用混响室-消声室法对织物的隔声性能进行测试,比较分析织物面密度、厚度、透气性、纱线单丝根数等参数对隔声性能的影响。结果表明:随织物面密度、厚度、纱线单丝根数的增加和透气性的减少,其隔声效果增强;玻纤织物对声波高频段的隔声好于中低频段的隔声;玻纤织物的隔声性能不但与织物的面密度有关,还与织物的透气性有关;在透气性较好时,其隔声量对织物的面密度具有一定的加和性,而在透气性较差时,其材料内部对声波的吸收所产生的隔声量贡献远大于面密度的贡献。

关键词 玻璃纤维织物;多孔材料;隔声;吸声;结构参数
中图分类号:TB 332 文献标志码:A

Effect of glass fiber fabric structural parameters on its acoustic insulation property

YAO Yuefei, GAO Lei, YANG Qiongli, YU Laiming, LUO Yongbo, FU Yaqin, LIU Guanfeng
(*Key Laboratory of Advanced Textile Materials and Manufacturing Technology, Ministry of Education, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou, Zhejiang* 310018, *China*)

Abstract In order to study the acoustic insulation property of glass fiber fabric, three different types of glass fiber plain weave fabrics EW100, EW200 and EW300 with different fabric densities, linear densities, layer numbers were collected for the tests and analyses. The acoustic insulation properties of these fabrics were measured and compared by the reverberation room-slience room method. The effect of material parameters such as fabric surface density, thickness, air-permeability, filament number, etc on the acoustic insulation property was analysed. The results showed: with the increase of fabric surface density, thickness, filament number and the reduction of air-permeability, its acoustic insulation performance increases. The acoustic insulation property of glass fiber fabric in high frequencies is superior to that in middle-low frequencies, and the acoustic insulation property of glass fiber fabric is not only related with the fabric surface density, but also with its air-permeability. When the air-permeability is good, the sound reduction index of glass fiber fabric has a certain plus capability toward the surface density, while the air-permeability is poor, the contribution of the sound reduction index generated by sound wave absorption of its material interior is much greater than that of surface density.

Key words glass fiber fabric; porous material; acoustic insulation; acoustic absorption; structural parameter

近年来,纺织材料作为一种轻质、柔性的降噪材料被广泛地应用于降噪领域。国内外将纺织材料引入隔声复合材料及降噪复合结构的研究文献已有很多[1-4]。Narang[5]在轻质墙体的空腔填充聚酯纤维,研究了聚酯纤维的面密度、纤维类型、卷曲度等参数对轻质墙体隔声性能的影响。罗以喜等[6]以丙纶纤维、铜、铁粉末为原料,采用挤出与化学粘接复合工艺研制出一种轻质、吸声隔声效果较好的非织造降噪复合材料。傅雅琴等采用常压浇注工艺,先后制备了一系列超薄、轻量、柔韧的玻璃纤维织物/聚氯

收稿日期:2008-03-27 修回日期:2008-08-24
基金项目:国家自然科学基金资助项目(50173033);浙江省科技厅重点科研工业项目(2006C21081)
作者简介:姚跃飞(1958-),男,副教授,硕士。主要研究领域为隔声材料的结构与性能。E-mail:yfyao@zstu.edu.cn。

Chinese Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

乙烯复合材料, 该复合材料对隔断中、低频的噪声效果显著[7-8]。以往文献中关于纺织材料自身隔声效果的研究并不多见。玻璃纤维具有不燃、防蛀、耐热、耐腐蚀、高强、高吸声系数等优点[9-10], 对其织物的隔声效果及织物结构参数与隔声性能关系的研究, 无疑会对降噪领域中选择、优化及应用玻纤织物提供一定的参考作用。本文选用 EW100、EW200 和 EW300 3 种不同型号的玻纤织物, 研究其隔声性能与织物结构参数的相互关系。

1　实验部分

1.1　实验材料

EW100(经密 208 根/10 cm, 纬密 200 根/10 cm, 单丝根数 200); EW200(经密 180 根/10 cm, 纬密 124 根/10 cm, 单丝根数 400); EW300(经密 124 根/10 cm, 纬密 104 根/10 cm, 单丝根数1 000), 3 种玻纤织物均由杭州玻璃纤维厂提供, 组织均为平纹, 单纱均无捻, 单丝直径均为9 μm。

1.2　隔声性能测试

采用混响室-消声室法对玻纤织物进行隔声性能测试。测试系统为 BSWA VS302USB 双声道声学分析仪(北京声望声电技术有限公司), 分析数据采用 Spectra LAB 软件。声望 VS302USB 系统、无指向性声源和 BSWA-100 型功率放大器等系统按照图 1 连接。参照 ISO R140-1, ISO R140-170 建筑及建筑构件的隔声测量标准进行测量。选择 A 计权网络, 声压级为80 dB的粉红背景噪声源。其中静音箱体积为 100 cm × 100 cm × 100 cm, 测试样的尺寸为 25 cm× 25 cm。声音的取样频率取48 000; 抽取速率选择位取 1; 快速傅里叶变换样本数取4 096。数据计测采用常用的 1/3 倍频程。

在没有试样的情况下测试噪声的自由衰减量及原始声压级降, 然后, 把试样固定在测试孔上, 测试此时的声音衰减量(总衰减量)及总声压级降。试样对声音的实际衰减量为总衰减量减去自由衰减量; 试样对声音的实际声压级降为总声压级降减去原始声压级降。所有隔声数据均为 8 次测试的平均值。

2　实验结果与讨论

2.1　玻纤织物的结构参数

玻纤织物的结构参数(厚度, 面密度和透气量)见表 1。

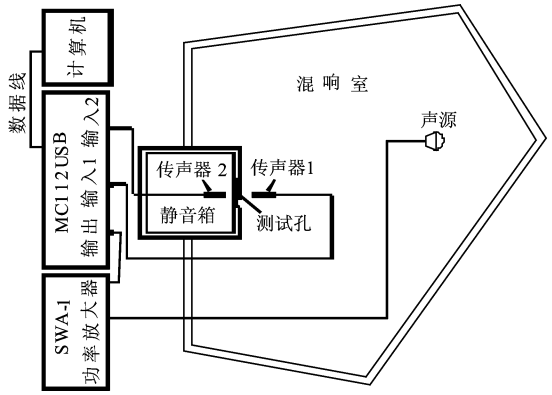

图 1　隔声测试系统

Fig. 1　Measurement system of sound insulation

表 1　玻纤织物结构参数实测数据

Tab. 1　Structural Parameters measured of glass fiber fabrics

试样编号	织物名称	厚度/mm	面密度/(g·m^{-2})	透气量/(L·m^{-2}·s^{-1})
1#	EW100	0.124	97.6	428.1
2#	EW200	0.230	195.2	237.1
3#	EW300	0.420	299.2	63.5
4#	2 层EW100	0.248	195.2	205.9
5#	3 层EW100	0.372	292.8	160.3
6#	EW100+EW200	0.354	292.8	246.6
7#	4 层EW100	0.496	390.4	154.0
8#	2 层EW200	0.460	390.4	165.4

2.2　玻纤织物的隔声性能比较

工程中常用质量法则[11]来预测隔声材料的隔声量, 或评价隔声材料的效果。当声波无规入射时, 材料的隔声量(R)可用下式[12]来表示:

$$R = 20\lg(mf) - 47.5$$

式中, R 为隔声量, dB; m 为材料面密度, kg/m^2; f 为频率, Hz。

图 2 示出 3 种玻纤织物的隔声曲线。从图可以看出, 玻纤织物在不同频率下均有一定的隔声能力, 同一织物的隔声量在不同频率有不同结果, 并且高频段的隔声好于中低频段的隔声。同时还可以看出, EW300 的隔声效果最为显著, 远优于其他 2 种, 而 EW200 略优于 EW100。从式(1)可以看出隔声量 R 主要受面密度和频率的影响。由表 1 和图 2 的对比可以看出, 在织物厚度方面: EW300> EW200> EW100, 在面密度方面: EW300> EW200> EW100, 而对于同一材料, 一定条件下, 织物的面密度与厚度之间成直接正比关系, 当织物面密度增加, 隔声量随着增加, 其趋势与用质量法则预测的类似。

织物作为一类特殊的降噪材料, 其隔声是基于隔声机制与吸声机制于一体的。具体来说, 织物的

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

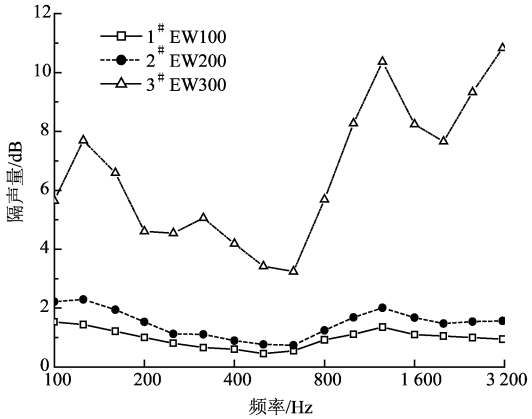

图 2 不同玻纤织物的隔声性能比较

Fig. 2 Comparison of acoustic insulation properties among different types of glass fiber fabrics

隔声量主要是由声波入射到纤维表面上的反射隔声作用和声波进入织物内部引起纤维振动及纤维壁与纤维间隙间滞留空气的摩擦将声能转化为热能的耗能吸声作用组成。单从单位面积质量隔声作用的角度来解释与分析是不全面的。故在保持织物与厚度基本接近的条件下, 对 4# ~6#试样进行隔声测试, 与 2#和 3#试样进行对比分析, 测试结果如图 3 所示。

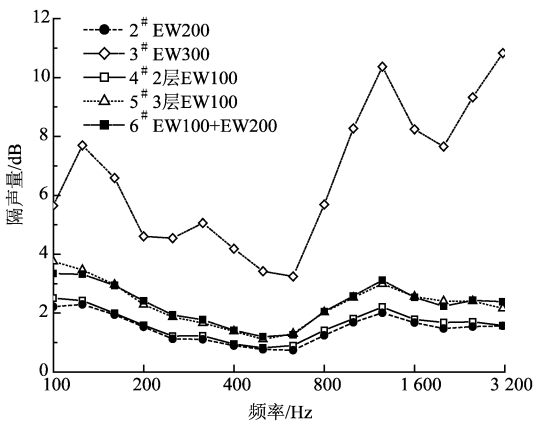

图 3 相近面密度织物隔声性能的比较

Fig. 3 Comparison of the fabrics' acoustic insulation properties in condition of the similar surface density

从图 3 可看出, EW200 的隔声量接近于 2 层 EW100 的隔声量, 3 层 EW100 的隔声量接近于 EW200 叠加 EW100 的隔声量, 而 EW300 的隔声量远优于其他组合形式。

织物的多孔吸声作用与其孔的结构、大小、以及空隙率有很大的关系[13]。由表 1 与图 3 的结果可见, 3#试样的透气性最差, 5#和 6#试样次之, 1#试样透气性最好, 透气性可以反映织物的密实程度和空隙率的大小, 进而影响声波通过织物内的空气流阻。

在透气性太好的时候, 如对于 2#、4#试样, 5#和 6#试样来说, 织物中空隙形成的通道完全连通且空气流阻很小, 空隙很大, 织物对声波的吸声作用就很小, 不明显, 主要表现为织物中纤维自身对声波的阻挡隔声作用, 这种阻隔作用与织物的面密度关系密切, 故当织物的面密度接近时, EW200 的隔声量相当于 2 层 EW100 的隔声量, EW200 叠加 EW100 的隔声量相当于 3 层 EW100 的隔声量, 表明隔声量具有加和性; 对于 3#和 5#、6#试样来说, 3 个试样的面密度及厚度接近, 但 3#试样仍优于 5#、6#试样的隔声性能, 说明在透气性较差的时候, EW300 织物除纤维的隔声作用外, 其吸声作用表现显著。这可能是因为 EW300 的单纱中单丝根数最多, 织物较密实, 声波通过织物时空气流阻很大, 且玻纤单丝间多孔效应较大, 吸收入射的声波能力较强, 使得只有少部分声波能透射过去, 故仍显著优于 5#和 6#试样 2 种组合。此外, EW300 显著的多孔吸声效应也很好地从吸声角度解释图 2 中 EW300 显著优于 EW100 和 EW200 隔声性能的结论。由于实验条件所限, 没能对织物的吸声作用大小进行测试, 有待于做进一步研究。

为了确认所得结论的正确性, 对 7#和 8#试样进行测试, 与 3#试样进行对比分析, 结果如图 4 所示。从表 1 来看, 7#和 8#试样面密度相同, 都大于 3#试样, 但其透气性相对较大, 都远好于 3#试样, 而从图 4 可看出, 7#和 8#试样的隔声性能相当, 虽然其面密度比 3#试样大, 但是都仍没有 3#试样的隔声效果好, 这与上面所得结论相符。

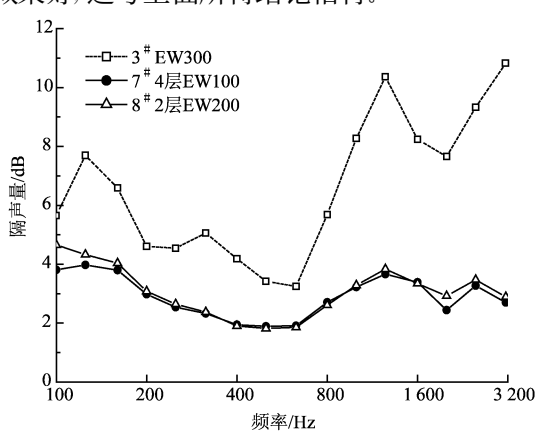

图 4 不同面密度织物隔声性能的比较

Fig. 4 Comparison of the fabrics' acoustic insulation properties in condition of different surface density

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3 结 论

1)在整个测试频率范围(100 ~ 3 150 Hz)内, 3 种型号玻璃纤维织物隔声性能的大小顺序为 EW300> EW200> EW100。

2)织物的面密度和透气性对其隔声性能有很大的影响。对于透气性很大的织物(或叠加后的织物), 其隔声量仍然遵循质量定律, 隔声量对织物的面密度具有加和性; 而对于透气性很差的织物(或叠加后的织物), 其隔声量对织物的面密度不再具有加和性。在面密度相近条件下, 织物的隔声性能随着织物透气性的变差而变好。

3)玻璃纤维织物应用于降噪领域时, 除了考虑织物结构参数中的面密度外, 还必须考虑单纱中单丝根数和织物的透气性。　　FZXB

参考文献:

[1] LU Enjie, KURAHASHI Naoya, NI Qingqing, et al. Development of flexible sound-proof materials[J]. Journal of the Society of Materials Science, 2006, 55(6): 583—588.

[2] WILSON Adrian. Engineered nonwovens used for automotive acoustic insulation[J]. Technical Textiles International, 2006, 15(8): 11—6.

[3] KINO N, UENO T. Evaluation of acoustical and non-acoustical properties of sound absorbing materials made of polyester fibres of various cross-sectional shapes[J]. Applied Acoustics, 2008, 69(7): 575—582.

[4] 高蕴, 刘冠峰. 玻纤细度对玻纤/PVC 复合材料隔声性能的影响[J]. 纺织学报, 2008, 29(4): 75—78.
GAO Yun, LIU Guanfeng. Effect of glass fiber fineness on the sound insulation property of glass fabric/PVC composite material[J]. Journal of Textile Research, 2008, 29(4): 75—78.

[5] NARANG P P. Material parameter selection in polyester fibre insulation for sound transmission and absorption[J]. Applied Acoustics, 1995, 45(4): 335—358.

[6] 罗以喜, 奚柏君. 非织造降噪复合材料的研究[J]. 纺织学报, 2004, 25(4): 64—66.
LUO Yixi, XI Bojun. Research the composite noise-reduced nowoven fabric[J]. Journal of Textile Research, 2004, 25(4): 64—66.

[7] 傅雅琴, 倪庆清, 姚跃飞, 等. 玻璃纤维织物/聚氯乙烯复合材料隔声性能[J]. 复合材料学报, 2005, 22(5): 94—99.
FU Yaqin, NI Qingqing, YAO Yuefei, et al. Sound insulation performance of a glass fabric/PVC composite material[J]. Acta Material Compositae Sinica, 2005, 22(5): 94—99.

[8] 姚跃飞, 罗勇波, 高磊, 等. 聚氯乙烯基隔声复合材料中填充炼钢炉渣粉[J]. 复合材料学报, 2008, 25(2): 74—79.
YAO Yuefei, LUO Yongbo, GAO Lei, et al. PVC sound insulation material filled with steel-smelting scoria[J]. Acta Material Compositae Sinica, 2008, 25(2): 74—79.

[9] 李耀中. 噪声控制技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001: 35—81.
LI Yaozhong. Noise Control Technology [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2001: 35—81.

[10] 钱世准. 玻璃纤维在特殊领域应用[J]. 玻璃纤维, 2003(1): 10—15.
QIAN Shizhun. Application of glass fiber in special fields[J]. Fiber Glass, 2003(1): 10—15.

[11] 张邦俊, 翟国庆. 环境噪声学[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2001: 258—261.
ZHANG Bangjun, ZHAI Guoqing. Environmental Noise Science[M]. Hangzhou: Zhejiang University Press, 2001: 258—261.

[12] TADEU A, ANTÓNIO J, MATEUS D. Sound insulation provided by single and double panel walls: a comparison of analytical solutions versus experimental results[J]. Applied Acoustics, 2004, 65: 15—29.

[13] 祝燕平. 装饰织物隔声性能的研究[D]. 上海: 东华大学, 2001.
ZHU Yanping. Study on acoustic-insulation properties of ornamental fabic[D]. Shanghai: Donghua University, 2001.

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net