

沙柳纤维材料吸声降噪性能研究

赵凯燕 薛振华* 刘金炜 赵栋梁 包秀春

(1.内蒙古农业大学材料科学与艺术设计学院,呼和浩特 010018;
2.内蒙古沙生灌木纤维化和能源化利用重点实验室,呼和浩特 010018)

摘 要 将沙柳加工粉碎后与白乳胶和水混合,通过 MN 压力成型机制备沙柳纤维板吸声材料。采用驻波管传递函数法,研究纤维含水率、纤维细度、板材密度和厚度与沙柳纤维板吸声降噪性能的关系。结果表明,含水率降低,沙柳纤维越细,材料密度增大,材料的吸声系数与降噪系数增大,吸声降噪效果变好;随着厚度增加,吸声系数与降噪系数在低频段增大,在中频段差距减小。沙柳纤维板的平均吸声系数最佳可达到 0.54。

关键词 沙柳纤维,吸声,降噪

Study on sound absorption and noise reduction of salix fiber material

Zhao Kaiyan Xue Zhenhua Liu Jinwei Zhao Dongliang Bao Xiuchun

(1.College of Materials Science and Art Design,Inner Mongolia Agricultural University,
Hohhot 010018;2.Key Laboratory of Sandy Shrub Fibrosis and Energy Utilization in
Inner Mongolia,Hohhot 010018)

Abstract After processing and crushing the salix was mixed with white latex and water,the salix fiberboard was prepared by MN pressure forming machine.The relations between the sound absorption and noise reduction performances of salix fiber material and the moisture content(MC),fiber fineness,fiberboard density and thickness were investigated by using impedance tube method.The results showed that when MC was low,salix fiber was fine and the density of material increased,the sound absorption and noise reduction effect of material were better.As the thickness of tested materials increased the sound absorption and noise reduction coefficient also raised correspondingly within the low-frequency,and the gap reduced within the intermediate frequency.The average sound absorption coefficient of salix fiber can reach 0.54.

Key words salix fiber,sound absorption,noise reduction

随着工业的迅猛发展,日益严重的噪声污染给人们生产、生活带来了极大的不便及伤害^[1]。大气、噪声、水与固体废弃物污染被称为全球四大污染^[2]。我国针对噪声的标准规范也在不断完善,每年投入到噪声控制行业的资金不断被刷新^[3]。但目前国内的高水平产品较少,声学材料、工艺结构和技术进步不明显^[4]。在降噪措施中,吸声是一种有效方法,所以在工程中被广泛应用^[5]。目前有对樟子松^[6]、轻木^[7]、腐朽木^[8]、杨木^[9]、柳杉^[10]以及木材和木制品^[11]、稻壳-聚氨酯复合多孔材^[12]、钢渣多孔材料^[13]、具有膜电池的微穿孔板材料^[14]、提取菠萝叶纤维^[15]和针刺非织造布^[16]等材料在吸声方面的研究。

当今,生物质材料作为可再生资源,具有环保、

耐用等特点,被广泛关注。在我国,木材资源匮乏,林木生长缓慢一直阻碍生物质材料的应用。在内蒙古自治区,沙生灌木资源是物质材料中一颗冉冉升起的明星,其具有分布广、生长快和使用价值高等特点。实验利用沙生灌木制备吸声降噪材料,研究在含水率、细度、密度和厚度等因素下该材料的吸声降噪性能。可为今后沙柳的研究提供一定的理论依据,同时本实验可以有效地解决内蒙古自治区对沙柳平茬后的充分利用问题。

1 实验部分

1.1 材料

沙柳木材,内蒙古鄂尔多斯曼赖乡;白乳胶,上

基金项目:国家自然科学基金(31260157)

作者简介:赵凯燕(1993-),女,硕士研究生,主要研究方向为生物质功能材料。

联系人:薛振华,男,教授。

海微谱化工技术服务有限公司。

1.2 试件制备

将沙柳木材去皮切断用水泡煮,采用粉碎机将处理过的沙柳木材加工成纤维状粉末,放入 103±2℃ 的干燥箱内干燥至绝干,称重记录。称取一定质量的沙柳纤维以及白乳胶加水混合均匀,制样尺寸 10cm×10cm×Xcm,其中 X 为厚度,实验中分别为 0.5cm、1cm、1.5cm 和 2cm。设置 MN 压力成型机参数为上下板温度均为 180℃,时间为 10min,将沙柳纤维压制沙柳纤维板。

1.3 实验方案

首先研究沙柳纤维不同含水率和细度对沙柳纤维板吸声降噪性能的影响,确定最佳含水率和细度。然后研究沙柳纤维板的不同密度和厚度对沙柳纤维板吸声降噪性能的影响。采用单因素实验法,因素及水平见表 1。每个实验重复 3 次,取平均值。

表 1 沙柳纤维板制备因素水平表

序号	含水率/%	细度/tex	密度/(g·cm ⁻³)	厚度/cm
1	0	3.70	0.8	1.5
2	0	6.67	0.8	1.5
3	0	12.00	0.8	1.5
4	0	12.00	0.6	1.5
5	0	12.00	0.3	1.5
6	0	12.00	0.8	0.5
7	0	12.00	0.8	1.0
8	0	12.00	0.8	2.0
9	5	12.00	0.8	1.5
10	29	12.00	0.8	1.5
11	35	12.00	0.8	1.5

1.4 测试方法

采用吸声系数测试系统(JTZB 型)对沙柳纤维材料的吸声性能进行测试,其中低频采用大管试件,直径 10cm;中频采用中管试件,直径 8cm。依据 GB/T 18696.1—2004《阻抗管中吸声系数和声阻抗的测量 第二部分:传递函数法》,同时参考 ISO10534-1:1996 国际标准,进行测量,测试频率范围 125~4000Hz,取 1/3 倍频程中心位置对应的吸声系数。

2 结果与讨论

2.1 含水率对沙柳纤维板吸声降噪性能的影响

不同含水率沙柳纤维存在着一定的区别,用饱和和盐溶液法对制备好的沙柳纤维板做调湿处理,在

细度为 3.7tex、密度为 0.8g/cm³、厚度为 1.5cm 的条件下,考察含水率对沙柳纤维板吸声降噪性能的影响,结果见图 1 和图 2。

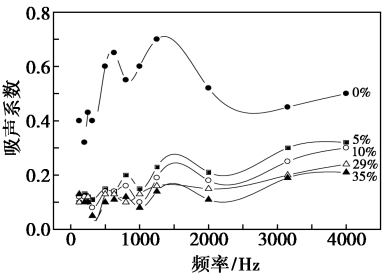


图 1 含水率对沙柳纤维板吸声降噪性能的影响

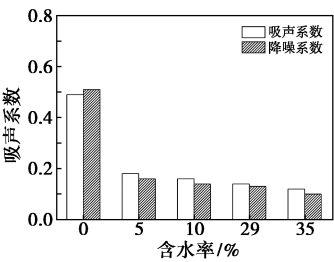


图 2 含水率对沙柳纤维板平均吸声系数和降噪系数的影响

木材纤维中存在的水分分为自由水和结合水两类。自由水存在于木材的细胞腔等细胞间隙中,结合水存在于细胞壁中,与细胞壁无定形区中的羟基形成氢键结合。含水率变化时先是自由水的变化,然后才是结合水的变化。自由水减少木材纤维内空隙增多,结合水减少主要是细胞壁中非结晶区水分子减少,非结晶区水分子减少使相邻纤丝间、微纤丝间和微晶间水层变薄(或消失),木材纤维细胞壁收缩,空隙变大,空隙变化对吸声性能影响较大。在不同含水率下吸声系数变化很明显。由图 1 可见,含水率在 35%、29%、10% 和 5% 时,沙柳纤维板在整个频率段上的吸声较差,平均吸声系数分别为 0.12、0.14、0.16 和 0.18,最大吸声系数分别为 0.21、0.24、0.3 和 0.32;当沙柳纤维板在绝干状态下(含水率为 0%)时,平均吸声系数为 0.49,最大为 0.7。由图 2 可见,材料的平均吸声系数和降噪系数随含水率的增加呈下降趋势,含水率在 0% 时的平均吸声系数和降噪系数最大。

2.2 纤维细度对沙柳纤维板吸声降噪性能的影响

不同的纤维细度存在着一定的区别,调节粉碎机,制备不同细度的沙柳纤维,采用束纤维定称重法,确定纤维细度。在含水率为 0%、密度为 0.8g/cm³、厚度为 1.5cm 的条件下,考察纤维细度

对沙柳纤维板吸声降噪性能的影响,结果见图 3 和图 4。

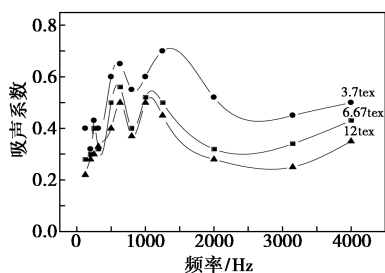


图 3 纤维细度对沙柳纤维板吸声降噪性能的影响

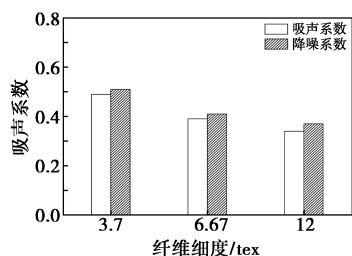


图 4 纤维细度对沙柳纤维板吸声系数和降噪系数的影响

在相同的厚度和容重下,较细的沙柳纤维制成的材料所含有的纤维数量多于较粗纤维制成的材料,使得材料具有更多的界面和更多的细微孔隙,声波进入材料后,与界面及孔隙发生作用的机会增加,形成更多的黏滞性摩擦,声能损耗增多,有利于提高吸声性能^[17-19]。由图 3 可见,在相同频率下,纤维细度小的沙柳纤维板吸声系数较好。纤维细度在 3.7tex、6.67tex 和 12tex 时,平均吸声系数分别为 0.49、0.39 和 0.34,最大吸声系数分别为 0.7、0.56 和 0.5。由图 4 可见,材料的吸声系数和降噪系数随纤维细度的减小呈下降的趋势,纤维细度在 3.7tex 时材料的吸声降噪系数最大。

2.3 密度对沙柳纤维板吸声降噪性能的影响

称取不同质量的沙柳纤维制备出不同密度的沙柳纤维材料,在含水率为 0%、在细度为 3.7tex、厚度为 1.5cm 的条件下,考察密度对沙柳纤维板吸声降噪性能的影响,结果见图 5 和图 6。

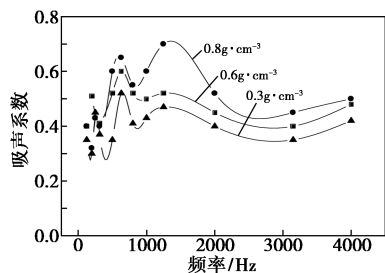


图 5 密度对沙柳纤维板吸声降噪性能的影响

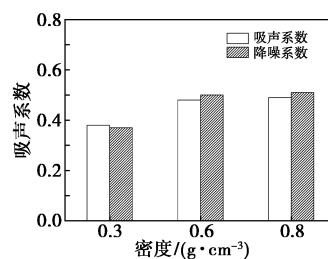


图 6 密度对沙柳纤维板吸声系数和降噪系数的影响

由图 5 可见,3 种不同密度下的沙柳纤维材料,随着纤维材料密度的增加,吸声性能有所增加,在密度为 0.3g/cm³、0.6g/cm³ 和 0.8g/cm³ 时,沙柳纤维板的平均吸声系数分别为 0.38、0.48 和 0.49,最大吸声系数分别为 0.52、0.6 和 0.7。由图 6 可见,沙柳纤维板的吸声系数和降噪系数随密度的增加呈增大趋势,在密度为 0.8g/cm³ 时,沙柳纤维板的吸声降噪系数最大。在整个频率段内随着密度的增加,吸声系数提高。这是由于增加密度使沙柳纤维在有限空间内的相互接触面积增加,接触点间的距离减小,纤维材料的孔隙变小,声波入射后产生的黏滞性摩擦增加,更多的声能转化为热能,吸声效果变好。

2.4 厚度对沙柳纤维板吸声降噪性能的影响

确定相同的密度,制备不同厚度的沙柳纤维材料,在含水率为 0%、细度为 3.7tex、密度为 0.8g/cm³ 的条件下,考察厚度对沙柳纤维板吸声降噪性能的影响,结果见图 7 和图 8。

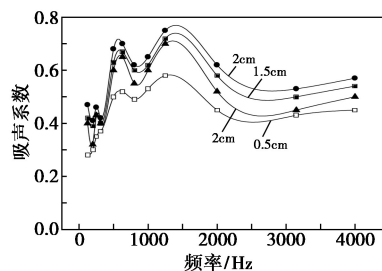


图 7 厚度对沙柳纤维板吸声降噪性能的影响

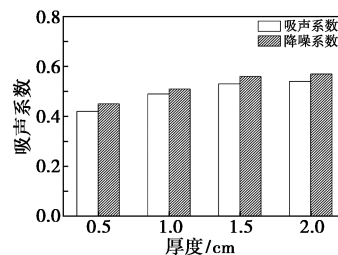


图 8 厚度对沙柳纤维板吸声系数和降噪系数的影响

由图可见,随着厚度的增加吸声系数有所提高,厚度为 0.5cm、1cm、1.5cm 和 2cm 时,平均吸声系

数分别为 0.42、0.49、0.53 和 0.54,最大吸声系数分别为 0.53、0.7、0.72 和 0.75。在整个频率段中,吸声系数出现了两个较高的吸收峰,其中对低频段的吸声系数影响较大,表现出厚度越大,吸声系数越大的趋势。同时,沙柳纤维板的吸声降噪效果越好。由图还可见,沙柳纤维板的平均吸声系数和降噪系数随厚度的增加呈增大趋势。当厚度为 1.5cm 和 2cm 时,沙柳纤维板材料在中频处的变化不是很明显,平均吸声系数和平均降噪系数相差仅有 0.01。厚度是反映材料基本特征的主要结构参数之一,也是影响吸声性能的主要因素。增加材料的厚度相当于提高了材料的声阻率,延长了入射声波在材料内部的传播时间,使得声波与材料界面和孔隙中空气的相互作用机会增多,耗散也增多,当声波进入吸声材料时,声波在材料内不断反射,与内壁发生碰撞摩擦,将机械能转化为热能和其他形式的能量。厚度增加使声波在材料中的反射次数增加。碰撞机会也增多,有利于声能的消耗,提高了材料的吸声性能。而厚度增加到一定时,吸声系数的变化变小,这表明不能一味增加厚度来提高吸声系数^[20]。

综上,最优工艺条件为:含水率 0%、细度 3.7tex、密度 0.8g/cm³、样品厚度 1.5cm。

3 结论

(1)沙柳纤维材料在含水率低的状态下比含水率高的材料吸声降噪系数好。

(2)沙柳纤维材料的吸声系数随着纤维细度的增大表现出良好的吸声降噪效果。

(3)沙柳纤维材料随着密度的增大,材料之间的空隙变小,声波入射后声能损耗增加,吸声系数增大,吸声降噪效果更好。

(4)厚度对低频的吸声系数影响较大,表现出厚度越大,吸声系数越大的趋势,材料的吸声降噪效果越好,在中频段处,厚度增大,吸声系数变化较平缓,吸声降噪效果差距不大,平均吸声系数相差最小只有 0.01,这说明单靠增加厚度来提高吸声系数是行不通的。

参考文献

[1] 朱伟明,张扬.舰船空调通风系统噪声控制技术研究[J].中国水运,2013,13(1):131-132.
[2] 林波艺.噪声污染对人体的危害及防治对策[J].环境,2009(S1):119-120.

[3] 中国环境保护产业协会噪声与振动控制委员会.我国噪声与振动控制行业 2013 年发展综述[J].中国环保产业,2014(12):25-35.
[4] 方丹群,张斌,孙家麒.噪声控制工程学[M].北京:科学出版社,2013,405.
[5] 王彦琴,魏显威,王健.公路交通噪声控制的发展动向[J].公路交通科技,2010,27(10):462-464.
[6] 宋博骐,彭立民,王东.樟子松横切面吸声性能及提高[C].北京:2015 年全国声学设计与噪声振动控制工程学术会议,2015.
[7] 王军锋,黄善忠,彭立民,等.轻木木材微观解剖结构对吸声性能的影响[J].木材加工机械,2015,26(5):34-37.
[8] 王东,彭立民,傅峰,等.腐朽木材的吸声性能[J].林业科学,2015,51(11):91-96.
[9] 徐华东,王立海.杨木径切面准纵波传播路径追踪及速度变化试验研究[J].声学学报,2012,37(1):62-67.
[10] 王东,彭立民,傅峰,等.柳杉木材吸声性能的研究[J].中南林业科技大学学报,2014,34(10):137-140.
[11] 常乐,吴智慧.室内木制品用空心刨花板吸声性能的研究[J].南京林业大学学报(自然科学版),2011,35(2):56-60.
[12] 王永华.多级仿生耦合材料吸声性能及机理研究[D].长春:吉林大学,2014.
[13] 孙朋.钢渣多孔吸声材料的制备及吸声性能研究[D].北京:北京科技大学,2016.
[14] Gai X L, Xing T, Li X H, Zhang B, et al. Sound absorption properties of microperforated panel with membrane cell and mass blocks composite structure[J]. Applied Acoustics, 2018, 137:98-107.
[15] Azma Putra, Hee Khai Or, Mohd Zulkefli Selamat, et al. Sound absorption of extracted pineapple-leaf fibres[J]. Applied Acoustics, 2018, 136:9-15.
[16] Soltani P, Azimian M, Wiegmann A, et al. Experimental and computational analysis of sound absorption behavior in needled nonwovens[J]. Journal of Sound and Vibration, 2018, 426:1-18.
[17] Jiang Z H, Zhao R J, Fei B H. Sound absorption property of wood for five eucalypt species[J]. Journal of Forestry Research, 2004, 15(3):207-210.
[18] 黄承,段惺,周祚方.结构因素对多孔材料吸声性能的影响[J].化工新型材料,2011,39(2):20-22.
[19] 尉海军,姚广春,王晓琳,等.铝硅闭孔泡沫铝吸声性能研究[J].功能材料,2006,37(12):2014-2018.
[20] Bucur V, Clément A, Bitsch M, et al. Acoustic properties of resonance wood and distribution of inorganic components of the cell wall[J]. Holz als Rohund Werkstoff, 1999, 57(2):103-104.

收稿日期:2018-10-09