

提高泡沫铝板低频吸声性能的实验研究

龚农斌, 陈士杰, 王吉荣

(同济大学声学研究所, 上海 200092)

摘要: 泡沫铝板后设置一定的空腔深度, 可获得在中高频段较宽频带的吸声性能。文章介绍采用在泡沫铝板背面复合薄膜形成复合板吸声结构, 可使其低频吸声性能获得较大幅度提升。

关键词: 泡沫铝板; 吸声性能; 薄膜结构

中图分类号: TB535

文献标识码: A

Experimental study on improvement of low frequency absorbing property of foamed aluminum board

GONG Nong-bin, CHEN Shi-jie, WANG Ji-rong

(Institute of Acoustics, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: A considerable wide absorbing band in the mid and high frequency range can be obtained when an air space is added behind an aluminum board. This paper introduces the foamed aluminum board with a back membrane structure, which effectively improves the low frequency absorbing property.

Key words: foamed aluminum board; absorbing property; membrane structure

1 引言

泡沫铝吸声板是国内近期研制开发出来的一种全金属吸声材料。由于其具有防腐、防潮、防火、洁净、美观等特点, 已开始噪声控制工程的吸声处理和消声器产品设计中获得广泛应用。尤其是泡沫铝板在制作、运行和报废全过程中不产生二次污染, 被冠以绿色环保产品。

泡沫铝吸声板是全金属材料, 为节省投资, 实用的泡沫铝板在保持其一定的机械强度前提下, 尽量压缩板的厚度, 一般常用板厚 3mm~5mm。根据板和腔组成的吸声结构(实用腔深 50mm~100mm), 要获得良好的低频段吸声性能, 势必要加大板后的腔深度, 这显然要受到现场许多客观条件的限制, 例如建筑空间的限制、消声器体积和造价的限制等等。如何在常用的吸声结构尺寸范围内, 提高其低频吸声性能, 成为泡沫铝板推广应用的一个技术问题。

表 1 不同主孔径 5mm 厚基板垂直入射吸声系数

频率 主孔径	200	250	315	400	500	630	800	1k	1.25k	1.6k	2k
0.9mm	0.03	0.04	0.06	0.1	0.09	0.11	0.08	0.12	0.09	0.13	0.16
1.6mm	0.05	0.04	0.14	0.22	0.11	0.06	0.03	0.12	0.08	0.09	0.03
2.5mm	0.08	0.03	0.11	0.16	0.08	0.11	0.02	0.16	0.10	0.09	0.07

收稿日期: 2001-08-13; 修回日期: 2001-11-19

作者简介: 龚农斌(1949), 男, 江西南昌人, 教授, 从事噪声与振动控制研究工作

2 泡沫铝板的吸声性能

泡沫铝板实际上是采用加压渗流法使铝板形成一定空隙率和主孔径不同的铝板。利用孔径的大小提供不同的声阻, 使入射到泡沫铝板的声能转化为热能而产生吸声作用。显然, 泡沫铝板主孔径的大小与吸声系数大小密切相关^[1]。为了了解泡沫铝基板在不同主孔径时的吸声作用, 试验中选用了 5mm 厚泡沫铝板, 工艺成熟的 3 种主孔径基板在中频驻波管^[2]上进行了吸声系数的测量, 实测数据见表 1。

从表 1 实测数据分析, 泡沫铝基板垂直入射吸声系数都比较低, 并各中心频率的吸声系数起伏变化也比较大, 就其吸声性能而言, 基板在噪控工程中的实用性不大。对 3 种主孔径基板垂直入射吸声系数进行比较, 主孔径为 1.6mm 的基板在低中频段吸声系数相对较高。为此, 选定主孔径为 1.6mm 的基板后设置不同空腔, 其垂直入射吸声系数的变化见表 2。

表 2 主孔径 1.6mm 在不同空腔条件下的垂直入射吸声系数

空腔深度 \ 频率	200	250	315	400	500	630	800	1k	1.25k	1.6k	2k
25mm	0.08	0.07	0.15	0.06	0.06	0.11	0.28	0.49	0.66	0.08	0.80
50mm	0.12	0.08	0.24	0.14	0.30	0.27	0.68	0.78	0.75	0.09	0.41
100mm	0.24	0.29	0.45	0.48	0.63	0.68	0.70	0.51	0.35	0.10	0.82
200mm	0.33	0.69	0.71	0.68	0.64	0.45	0.63	0.59	0.64	0.16	0.71

表 3 铝泊复合吸声结构的垂直入射吸声系数

铝泊厚度 \ 频率	200	250	315	400	500	630	800	1k	1.25k	1.6k	2k
0.1mm	0.52	0.68	0.35	0.63	0.56	0.48	0.16	0.42	0.25	0.10	0.16
0.08mm	0.55	0.57	0.25	0.61	0.54	0.36	0.23	0.25	0.27	0.15	0.17

表 4 PVF 薄膜复合吸声结构的垂直入射吸声系数

PVF 厚度 \ 频率	200	250	315	400	500	630	800	1k	1.25k	1.6k	2k
0.03mm	0.38	0.73	0.92	0.98	0.95	0.75	0.50	0.66	0.53	0.18	0.76
0.06mm	0.47	0.77	0.98	0.97	0.86	0.64	0.55	0.62	0.40	0.16	0.56

由表 2 数据进行分析,大致可得到以下几点结论:

(1) 与基板垂直入射吸声系数比较,板后设置不同深度的空腔使吸声结构在整个测试频带范围内,垂直入射吸声系数都有程度不同的大幅提高。例如设置 200mm 空腔深度时,在测试频带范围内达到或接近纤维性吸声材料的吸声性能。

(2) 当在基板后设置不同空腔深度后,随着空腔深度的增加,吸声结构的低频吸声系数提高,与阻性吸声材料的定性规律符合良好。

(3) 吸声结构毕竟还是利用泡沫铝板的孔与板后的腔组合,在整个测试频段上,垂直入射吸声系数的起伏变化幅度较大,即共振峰和反共振峰显现突出。

由表 2 数据看出,除 200mm 空腔深度外,100mm 空腔深度及以下的低频吸声性能提高还是有限的,特别是低频关键频率 250Hz 的吸声系数最高仅为 0.29,对于基板后设置 200mm 空腔深度及以上,尽管其吸声系数提高幅度比较理想,但如前所述,势必要受到现场客观条件限制。例如通风空调消声器采用 200mm 厚度的吸声片结构,在保证同样的气流通道面积前提下,消声器要比采用 100mm 厚度吸声片结构在体积上增加近一倍,除要增加消声器的投资成本外,还要占据较大的建筑安装空间。如何在一定的空腔深度条件下,提高吸声结构的低频(尤其是关键频率 250Hz)吸声性能,是一个有实用价值的研究课题。

3 提高吸声结构低频吸声性能的措施及效果

在泡沫铝板后设置一定深度空腔形成的吸声结构,其声学机理更接近于共振吸声结构。当然,泡沫铝板自身所具有的微孔也具有阻性吸声材料的特征。要提高吸声结构的低频吸声性能,最有效的方法是提高吸声结构在低频段的声阻。由声学原理^[3]可知,薄膜共振结构应是首选方案。

(1) 泡沫铝板+铝箔+100mm 空腔

试验中选用了两种铝箔厚度 0.1mm 和 0.08mm,直接复贴在泡沫铝基板背面,与复合基板后设置的 100mm 深度空腔组成吸声结构,其中中频驻波管实测的吸声系数见表 3。

与表 2 数据 基板+100mm 空腔 吸声结构的吸声系数相比,复合铝箔的吸声结构在 250Hz 及以下低频段的吸声系数均提高 1 倍以上。但薄膜共振结构也使原吸声结构的中、高频吸声系数受到一定的影响。尤其是在整个测试频段出现了 3 个反共振峰(315Hz、800Hz 和 1.6kHz),这从实用角度考虑,应该加以改善。

(2) 泡沫铝板+PVF 薄膜+100mm 空腔

为了改善薄膜共振吸声结构在中、高频出现的两个中心频段吸声系数大幅度下降的现象,试验中以改变薄膜的密度作为主要措施,其结果是低频段吸声系数略有下降,而中、高频段(特别是反共振

峰频段) 将会得到显著改善。

把铝箔调换成 30 μ m 厚度的 PVF 薄膜后, 复合吸声结构的垂直入射吸声系数实测结果见表 4:

用表 4 数据与表 3 数据对照比较, 除 200Hz 频段外, 所有测试频段的吸声系数均有不同程度的提高, 800Hz 频段的反共振峰几乎被拉平。但 1.6kHz 频段的反共振峰仍十分明显, 但比铝箔结构的吸声系数有所提高。这可能与实用角度的要求还有一些差距。不过, 在实际噪声控制工程中, 噪声源多为连续频谱噪声, 而驻波管测试采用的是单频纯音测试, 估计实用中 2 kHz 频段的吸声带宽将对 1.6kHz 频段的吸声系数会产生一定的增益。即是说, 1.6 kHz 在实际使用中, 其吸声系数将会得到提高。

为了便于直观分析和比较, 实用性泡沫铝板吸声结构(板后留置 100mm 空腔)的吸声系数随频率变化曲线见图 1 所示, 以供选用参考。

PVF 薄膜是美国杜邦公司专利产品, 它具有防水, 阻燃, 抗老化, 防静电, 不积灰, 使用寿命可达 20 年的护面材料, 但价格要比铝箔高出许多倍。

4 结 论

泡沫铝板是一种综合性能优异的吸声材料, 在采用薄膜复合的吸声结构形成各种噪声控制器件后, 其声学性能并不亚于常规的纤维性和多孔性阻

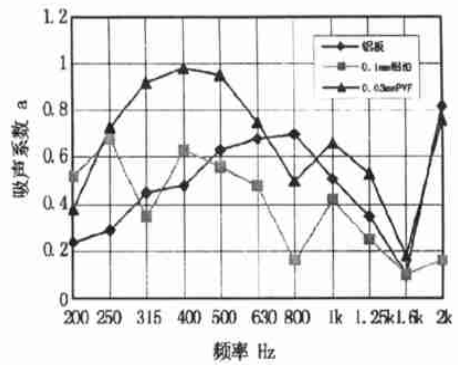


图 1 不同吸声结构吸声系数曲线

性吸声材料。在消声器应用实践中, 泡沫铝板复合铝箔并设置 100mm 厚空腔深度的吸声结构, 比无铝箔复合吸声结构在 250Hz 频段的消声量提高 9dB (A), 整个测试频带范围的消声器基本接近同类的纤维阻性材料消声器。加上它所具有的防火、防水、洁净、性能稳定、无二次污染等特点, 已逐渐被工程界所接受。

参考文献:

- [1] 马大猷. 微穿孔板吸声结构的理论和设计[J]. 中国科学, 1975, 23(1): 38-50.
- [2] GBJ88-85, 驻波管法吸声系数与声阻抗率测量规范[S]. 知识出版社, 1986.
- [3] 赵松龄. 噪声的降低与隔离[M]. 同济大学出版社, 1985. 111-113.

(上接第 51 页)

入损失为: 7.29dB; 同样可得空间 2、3 之间隔墙的插入损失为: 8.54dB。两者都高于根据传输系数求得的隔声量 5.23dB, 其中一个原因是在对受声空间 1 和 2 中的接收点进行模拟时, 还计入了壁面和空气吸声的影响, 而根据传输系数求得隔墙损失不包含这一部分。

模拟隔墙作用时发现: 模拟结果的准确程度与等效声源数目并不存在直接关系。取过多的等效声源会大大增加计算工作量, 而模拟准确程度并没有明显改善, 有时反而更差。本文算例中选取了 12 个等效声源, 结果还是比较令人满意的。

4 结 论

本文详细研究了几种常见障碍物情况下室内声场脉冲响应的计算方法。仿真结果证明本文的算法具有较高的计算效率和一定的计算精度。本文的研究不仅有助于增强可听化研究的实际意义, 还可直

接用于一些实际声场的数值分析。例如, 对于隔墙的研究, 可用于分析噪声在多个空间之间的传播; 对于大量杂乱无章障碍物的研究, 可用于分析人群对厅堂中声传播的影响, 等等。

参考文献:

- [1] Keiner K, Dalenback B-I, Svensson P. Auralization an overview[J]. J. Audio. Eng. Soc., 1993, 41(11): 861-875.
- [2] Heinrich Kuttruff. Room Acoustics (Fourth edition) [M]. London Spon Press, 2000: 301-309.
- [3] Akira Mochimaru. A study of the practicality and accuracy of impulse response calculation for the auralization of sound system design[J]. J. audio Eng. Soc., 1993, 41(11): 881-892.
- [4] A. M. Ondet, J. L. Barbry. Modeling of sound propagation in fitted workshops using ray tracing[J]. J. Acoust. Soc. Am., 1989, 85(2): 787-796.
- [5] W. Leschnik. Sound propagation in urban and forest areas [J]. Acustica, 1980, 44: 14-22.
- [6] Kurruff. Sound decay in reverberation chambers with diffusing elements[J]. J. Acoust. Soc. Am., 1981, 69(5): 1716-1723.