

错缝结构对隔墙传声损失的影响研究

刘 平¹, 刘胜楠², 蔡 锐¹, 廖国峰², 伍发元¹, 蔡 俊²

(1. 国网江西省电力公司电力科学研究院, 江西南昌 330029; 2. 上海交通大学环境科学与工程学院, 上海 200240)

摘要: 缝隙的存在一直制约着传统隔墙结构隔声性能的提高。以错缝双层石膏板结构为研究对象, 分别研究了错缝深度和错缝距离对隔墙传声损失的影响。结果表明, 错缝结构比直缝结构具有更好的隔声性能; 缝隙深度的影响主要取决于隔墙面密度和声波传播路径的变化; 而当错缝距离与隔墙厚度接近时, 其隔声量最高, 这是由于声能在墙体和错缝缝隙中的透射程度相当, 从而弥补了缝隙在隔墙结构中的透声“短板”。

关键词: 缝隙; 隔墙; 错缝距离; 阻抗管; 传声损失

中图分类号: TB535⁺.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-3630(2018)-03-0268-04

DOI 编码: 10.16300/j.cnki.1000-3630.2018.03.013

The effect of staggered slit structure on the sound transmission loss of partition wall

LIU Ping¹, LIU Sheng-nan², CAI Rui¹, LIAO Guo-feng², WU Fa-yuan¹, CAI Jun²

(1. State Grid Jiangxi Electric Power Research Institute, Nanchang 330029, Jiangxi, China;

2. School of Environmental Science and Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: The existence of slits has restricted the improvement of sound insulation performance of the conventional partition wall structure. The sound transmission loss of partition wall under the existence of slits is studied. The effects of the staggered slit depth and the staggered slit distance on the sound transmission loss of partition wall are analyzed. The experimental results show that the sound insulation performance of the plasterboard whole component with the staggered slits is better than that with the straight slits. The effect of the staggered slit depth depends on the variations of the surface density of partition wall structure and the sound wave propagation path. When the staggered slit distance is close to the partition wall thickness, the sound insulation performance of the partition wall reaches the best. The reason might be explained is that the transmission degree of sound energy through the wall is quite equal to that through the staggered slits, which makes up for the “short board” of sound transmission in the partition wall structure with slits.

Key words: slit; partition wall; staggered slit distance; impedance tube; sound transmission loss

0 引 言

噪声作为危害环境的四大污染之一, 对人们的工作学习和身心健康产生了严重的影响, 长时间暴露在噪声中会损伤听力视力、诱发疾病、影响睡眠, 严重的还会引发心血管疾病^[1-3]。在人口密集交通发达的工业城市, 为降低噪声对居民生活的影响, 人们对住房隔墙的隔声效果要求也越来越高, 《民用建筑隔声设计规范》(GB50118-2010)中规定分隔卧室、起居室(厅)的分户墙, 空气声隔声量应大于 45 dB(A); 用来分割住宅和非居住空间之间的楼板,

空气声隔声量应大于 51 dB(A)^[4]。当前国内无论是对公共建筑还是住宅, 隔声相关的评价要求都属于绿色建筑的控制项评价标准之一^[5]。

在严格的标准要求下, 日本开发了隔声量为 64 dB 的双层石膏板隔墙、隔声量为 86 dB 的三层石膏板隔墙、隔声量为 90 dB 的四层石膏板隔墙^[6]。A. Uris^[7]等研究了岩棉密度对隔墙隔声量的影响, 发现频率在 1 250 Hz 以下时, 增加岩棉密度可以提高隔声量, 超过 1 250 Hz, 岩棉密度对隔声量无影响。A. Uris 等^[8]研究了内置板对构件隔声量的影响, 发现在石膏板隔墙的空腔中加入石膏板能提高 100~200 Hz 低频段的隔声量约 6~7 dB^[8]。J. M. Bravo 等^[9]研究了石膏板之间空气层和吸声体对隔墙隔声量的影响, 发现吸声体的存在约能使计权隔声量提高 2 dB, 几毫米厚的空气层反而会引起共振从而降低构件的隔声量。

声波在隔墙系统的传播包括通过隔墙构件的

收稿日期: 2017-06-20; 修回日期: 2017-08-01

基金项目: 国网江西省电力公司科研项目(5218201350F3)

作者简介: 刘平(1984—), 男, 湖北随州人, 博士研究生, 研究方向为电网环境保护研究。

通讯作者: 蔡俊, E-mail: juncai@sjtu.edu.cn

传播和通过泄漏处的传播，其中泄漏包括有规则的缝隙、无规则缝隙以及孔洞等^[10]。研究表明，如果声泄露不能完全消除，单纯的改善墙体结构对整体构件的隔声量提高不大^[11]。石膏板作为目前最常用的建筑隔墙材料被广泛用于各种室内隔断，由于一般是拼接结构，其拼接面以及与天花板、地面、墙壁之间都不可避免地存在缝隙，使得石膏板隔墙结构的整体隔声量大大降低。为此，本研究以双层石膏板为研究对象，通过制备不同深度和距离的错缝结构进行试验测试，研究错缝结构对整体结构传声损失的影响。

1 实验原理及仪器与方法设计

1.1 实验原理

声波在墙体中的传播途径如图 1 所示。当声波入射到隔墙表面时，透射声能的大小关系到隔墙隔声能力的好坏。声能透射一部分是通过引起墙体局部振动传播的，即空气声引起固体振动，再引起空气声；另一部分是通过墙体缝隙透射的。

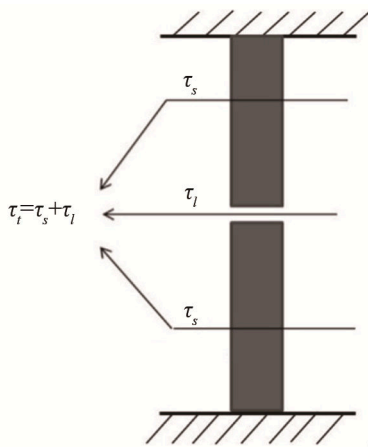


图 1 声能在隔墙结构中的传播
Fig.1 Sound transmission through the wall structure

1.2 实验仪器与方法设计

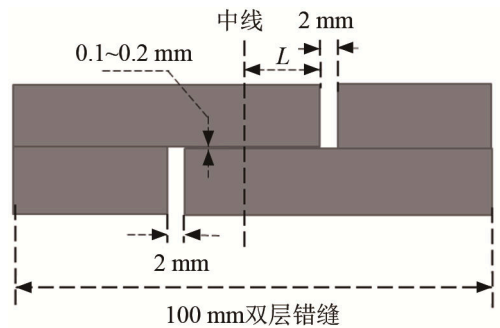
本研究采用阻抗管测试方法探究石膏板缝隙结构的声传递损失，如图 2 所示。阻抗管测试系统配置包括：阻抗管 SW422(直径 100 mm，测试频率范围为 100~1 600 Hz)、4 通道数据采集器、1/4 in 传声器、功率放大器等。

为探究隔墙缝隙结构对传声损失的影响规律，研究对象采用直径为 100 mm、厚度分别为 9.5、12 mm 和 15 mm 的单层石膏板组合成双层石膏板结构，在每侧单层石膏板上开出长 20 mm、宽 2 mm 的缝隙(约占隔板总面积的 0.5%)，上下板的缝隙错

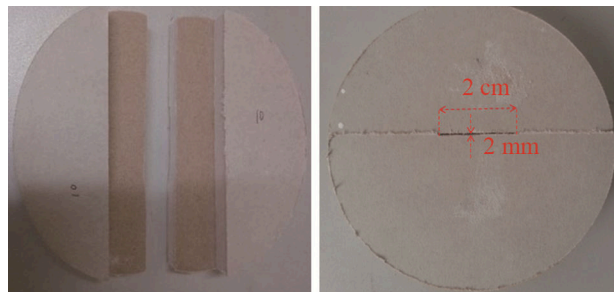
开(如图 3 所示)。错缝位置分别设置距中线 0、5、7.5、10、12.5、15 和 17.5 mm 处(即错缝距离为 0、10、15、20、25、30 和 35 mm)。



图 2 实验室测试用阻抗管
Fig.2 Impedance tube in laboratory



(a) 示意图



(b) 实物图

图 3 错缝双层石膏板结构
Fig.3 The sketch map and photo of double slit staggered plasterboard structure

2 实验结果与分析

2.1 错缝与直缝结构的隔声量比较

在建筑石膏板隔墙的安装施工中，不可避免地存在缝隙。常规对待缝隙的方式是材料的搭接，即错缝形式更有利于结构的整体隔声。为了了解错缝与直缝形式对整体结构隔声性能的影响，本研究将不同厚度(缝隙深度)、不同错缝距离的双层石膏板在 100~1 600 Hz 频段所测得的平均隔声量列于下表 1 中。

表 1 直缝和错缝结构双层石膏板的平均隔声量(dB)

Table 1 Average sound insulation values of double plasterboards with straight and staggered slits of different distances(dB)

缝隙深度/mm	错缝距离/mm				
	0(直缝)	15	20	25	30
19	17.6	19.2	21.5	20.0	18.6
24	18.6	20.7	21.4	22.1	19.8
30	19.4	24.9	25.7	23.9	27.6

从表 1 中可以看出, 错缝结构的隔声量均大于直缝结构的隔声量。当直缝结构转变为错缝结构时, 整体结构的平均隔声量至少提高 1 dB。这是因为错缝的设置避免了直缝结构存在的声能“直接穿透”的现象, 尤其是低频声波, 避免了衍射现象的出现。此外, 错缝结构使得声波在传播中不可避免地接触壁面, 增加了声能的损耗。

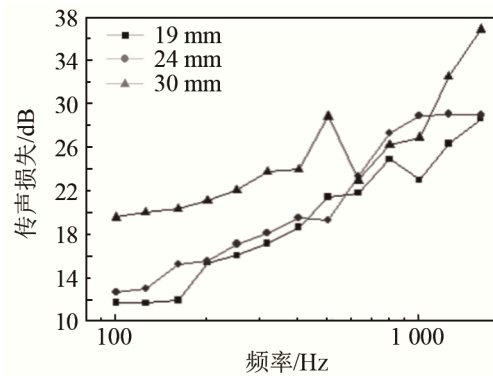
2.2 错缝深度对隔墙结构隔声量的影响

本研究的错缝深度就是双层石膏板的厚度。为此, 选取相同错缝距离、不同错缝深度的石膏板结构进行了传声损失的试验测试, 试验结果见图 4。从图 4 中可以看出, 不同错缝深度的石膏板结构的隔声量均随着频率的增加而增加。错缝深度越大, 传声损失越大。这可以从隔墙整体结构的面密度和声波传播路径两方面的变化来进行解释: 一方面, 错缝深度的增加是石膏板整体结构厚度的增加, 即单位体积整体结构的质量增加, 依据质量作用定律^[12], 整体结构的隔声性能得到了提高; 另一方面, 错缝深度的增加使声波在缝隙中的传播路径变长, 增加了声波与缝隙壁面发生摩擦而产生的耗能, 从而衰减了隔墙整体结构的透射声能。

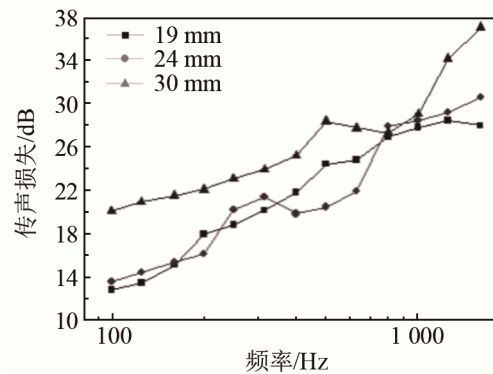
2.3 错缝距离对隔墙结构隔声量的影响

研究分别以 19、24 mm 和 30 mm 厚的双层石膏板为试验对象, 测试了不同错缝距离情况下的隔墙结构的传声损失, 得到的传声损失曲线见图 5。

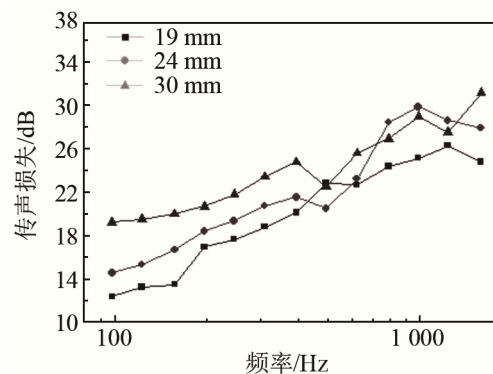
从图 5 中可以看出, 不同错缝距离的石膏板结构的隔声量均随频率的增加而增加。随着错缝距离的增大, 隔墙整体结构的隔声性能逐渐提高, 到达一个最大值后发生下降。当隔声结构的隔声性能最大时, 错缝距离和双层石膏板隔墙的厚度是最接近的。表 1 显示了经计算得到的不同错缝距离双层石膏板隔墙结构的平均隔声量, 也验证了上述说法。经分析, 这可能是因为当缝隙错缝距离小于隔墙厚度时, 声波容易从缝隙透过; 当缝隙错缝距离大于隔墙厚度时, 声波容易从墙体透过; 只有当缝隙错缝距离与隔墙厚度接近时, 声波通过墙体传播和缝隙传播的透射难易程度相当, 从而弥补了缝隙在隔



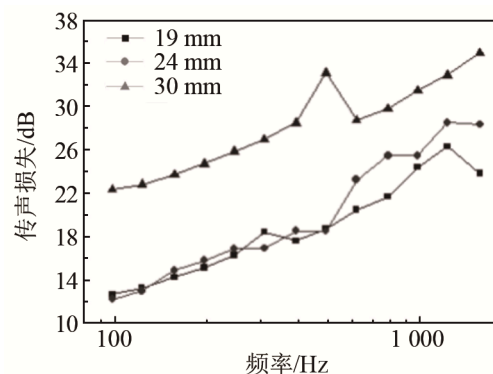
(a) 15 mm 错缝距离



(b) 20 mm 错缝距离



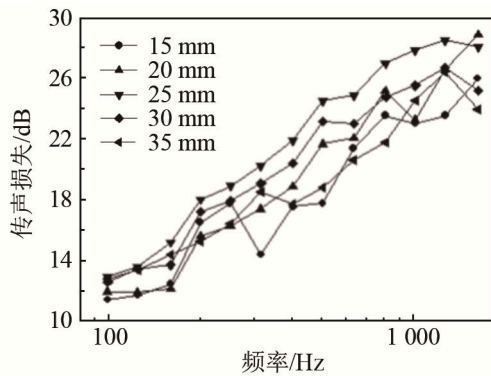
(c) 25 mm 错缝距离



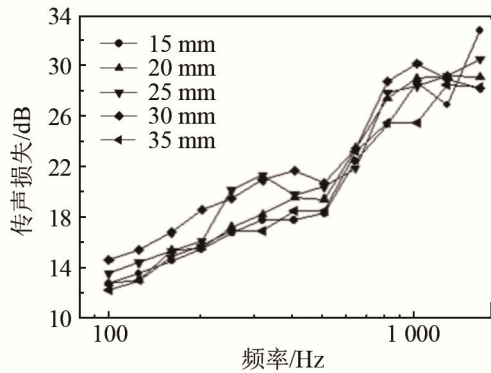
(d) 30 mm 错缝距离

图 4 错缝深度对双层石膏板结构隔声量的影响

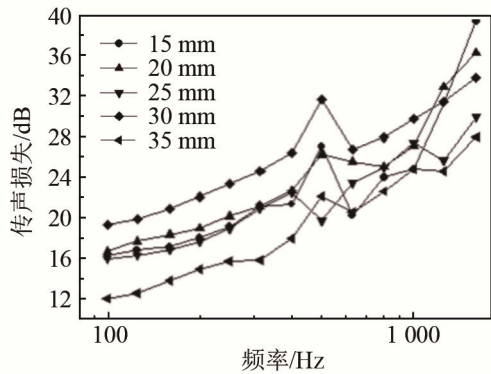
Fig. 4 Effect of staggered slit depth on the sound insulation performance of the double plasterboard baffle structure



(a) 19 mm 厚



(b) 24 mm 厚



(c) 30 mm 厚

图 5 错缝距离对双层石膏板结构隔声量的影响

Fig.5 Effect of staggered slit distance on the sound insulation performance of the double plasterboard baffle structure

墙结构中的透声“短板”，提高了整体隔声效果。

3 结论

在建筑石膏板隔墙的安装施工过程中，不可避免地存在拼接，即直缝和错缝形式。本文通过阻抗管实测对双层石膏板隔墙结构的缝隙进行了研究。研究表明，缝隙存在的情况下，错缝的设置提高了隔墙整体结构的隔声性能。错缝深度越大，隔墙结构的隔声量也大。当缝隙错缝距离与隔墙厚度接近时，声波通过墙体传播和缝隙传播的透射难易

程度相当，从而弥补了缝隙在隔墙结构中的透声“短板”，提高了整体隔声效果。本研究结果可为今后双层及多层隔墙结构的缝隙隔声设计和处理提供科学依据。

致谢 感谢杰森石膏板集团公司提供的不同厚度的石膏板样板。

参 考 文 献

- [1] 张维森, 周浩, 肖吕武, 等. 噪声作业工人听力损伤与血压和高血压的相关性研究[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2012, 30(7): 517-520.
ZHANG Weiseng, ZHOU Hao, XIAO Lüwu, et al. Study on correlation between hearing loss of noise workers and blood pressure and hypertension[J]. Chinese Journal of Occupational Diseases, 2012, 30(7): 517-520.
- [2] PASSCHIER-VERMEER W, PASSCHIER W F. Noise exposure and public health[J]. Environmental Health Perspectives, 2000, 108(Suppl 1): 123-131.
- [3] WILLICH S N, WEGSCHEIDER K, STALLMANN M, et al. Noise burden and the risk of myocardial infarction[J]. European Heart Journal, 2006, 27(3): 276-282.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB 50118-2010 民用建筑隔声设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010
The Ministry of Housing and Urban-rural Development of the People's Republic of China. GB 50118-2010 specification for sound insulation design for civil buildings[S]. Beijing: China Construction Industry Press, 2010.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB/T 50378-2014 绿色建筑评价标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014
The Ministry of Housing and Urban-rural Development of the People's Republic of China. GB/T 50378-2014 Green building evaluation standard[S]. Beijing: China Construction Industry Press, 2010.
- [6] MATSUMOTO T, UCHIDA M, SUGAYA H, et al. Development of multiple drywall with high sound insulation performance[J]. Applied acoustics, 2006, 67(6): 595-608.
- [7] URIS A, LLOPIS A, LLINARES J. Effect of the rock wool bulk density on the airborne sound insulation of lightweight double walls[J]. Applied Acoustics, 1999, 58(3): 327-331.
- [8] URIS A, BRAVO J M, GOMEZ-LOZANO V, et al. Sound insulation of double frame partitions with an internal gypsum board layer[J]. Applied Acoustics, 2006, 67(9): 918-925.
- [9] BRAVO J M, SINISTERRA J, URIS A, et al. Influence of air layers and damping layers between gypsum boards on sound transmission[J]. Applied Acoustics, 2002, 63(10): 1051-1059.
- [10] ASAKURA T, SAKAMOTO S, SAKIMOTO Y, et al. Leak transmission characteristic of slit-shaped apertures and effect of porous type absorption on reducing propagating sound[J]. Acoustical Science and Technology, 2009, 30(2): 147-150.
- [11] HONGISTO V, KERÄNEN J, LINDGREN M. Sound insulation of doors—Part 2: comparison between measurement results and predictions[J]. Journal of Sound and Vibration, 2000, 230(1): 149-170.
- [12] 蔡俊. 噪声污染控制工程[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009: 130-131.
CAI Jun. Noise pollution control engineering[M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2009: 130-131.