

The Effect of Different Distribution and Sizes of Apertures on Sound Absorption Characteristics of Perforated Plate

Luxi Pan, Yihan Li, Lingkun Wen, Weiwei Yang

Jiaxing NO. 1 Middle School, Jiaxing Zhejiang
Email: 453544801@qq.com

Received: Jan. 20th, 2017; accepted: Feb. 3rd, 2017; published: Feb. 10th, 2017

Abstract

The study is to investigate the influence of different pore size distribution on the effect of the sound absorption. Experimental and theoretical analysis shows that there is an optimal distribution of the pore size distribution. Accordingly, a new physical sound absorption area is introduced by the study group, thus whether full-range sound absorption effect is good or bad will be evaluated simply. After that, the study group studied the optimum pore size distribution scheme under the condition of certain parameters by using the method of mathematical co-ordination, combining with the principle of acoustic impedance and selective sound absorption, and comparing sound-absorbing area. The results of experiment and theoretical analysis show that the scheme is determined by perforation rate, pore diameter, thickness of the plates and other structural parameters, which is also the physical meaning of the best distribution point of pore area.

Keywords

Aperture Distribution, Perforated Plate, Sound Absorption Effect, Sound Absorption

不同孔径的分布对穿孔板吸声效果的影响

潘路希, 李易寒, 温凌坤, 杨为为

嘉兴市第一中学, 浙江 嘉兴
Email: 453544801@qq.com

收稿日期: 2017年1月20日; 录用日期: 2017年2月3日; 发布日期: 2017年2月10日

摘要

本研究是探讨不同孔径的分布对穿孔板吸声效果的影响。实验及理论分析表明, 此时的孔径分布, 确实

文章引用: 潘路希, 李易寒, 温凌坤, 杨为为. 不同孔径的分布对穿孔板吸声效果的影响[J]. 声学 & 振动, 2017, 5(1): 1-4. <https://doi.org/10.12677/ojav.2017.51001>

存在一个最优化分布的问题。据此，研究组引入新的物理量吸声面积，从而简便的评定全频内吸声效果的优劣。之后，研究组利用数学统筹的方法，结合系统声阻及选择性吸声的原理，通过吸声面积大小的比较，研究了一定参数条件下，使效果最佳的孔径分布方案。通过实验及理论分析表明，该方案是由穿孔率、孔径、板厚等结构参数来共同决定的，这也是孔面积最佳分布点的物理意义。

关键词

孔径分布，穿孔板，吸声效果，吸声面积

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

吸声材料按结构主要分为多孔吸声材料和共振吸声结构，共振吸声结构中以穿孔板最为常见，它主要利用共振器的特点，有效的将声能转化成热能消耗，而它的缺点则是吸声频带较窄，只能吸收中低频的单频音。为了解决这个问题，提高结构的吸声效果，我们就穿孔板的设计提出了改进。通过资料查新发现，当前在上述领域中已有很多的研究，它们大多是从增加材料、增大穿孔率、改变孔型、组合等方式来入手讨论的[1]，但在某些方面却还可以继续的探讨，比如像组合穿孔板的设计问题。目前，这种设计在建材中应用较广，相关的产品更是层出不穷，但是这些设计都只关注“孔的组合”，却并未对“组合方案”作过比较，因此就孔径组合的最佳方案，在目前的研究中是很少被关注的。鉴于上述原因，本研究从系统声阻及选择性吸声的角度，结合数学上的统筹原理，利用控制变量的方法，探究一定参数条件下(材料、穿孔率、空腔及板厚一定)，不同孔径分布对吸声效果的影响，并试图找到效果最佳的孔径分布方案。

2. 实验原理

$$\text{穿孔板共振频率公式: } f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{p}{(t+0.8d)L}}$$

式中 L ——腔度； t ——板厚， d ——孔径， c ——声速， p ——穿孔率。

根据共振频率公式可知，穿孔对不同频段的吸声是有选择的。在其它参数一定的条件下(材料、穿孔率、空腔及板厚一定)，大孔的共振频率在低频处，对低频噪声吸收较多；小孔的共振频率在高频处，对高频噪声吸收较多。此外，根据共振吸声原理可知，穿孔板是利用孔附近的摩擦损耗来吸收声能的，因此它的吸声性能由单位面积上的声阻抗来决定，而声阻又随孔径的平方反比增加[2]，所以在穿孔率一定的条件下，小孔的声阻较大，吸声效果较好，大孔的声阻较小，吸声效果较差，而它们对不同频段的吸声又是有选择的，所以在此它们声阻间的匹配就尤为重要。鉴于上述原因，我们从数学统筹的角度考虑，建议在穿孔板设计时要尽量多加小孔，并适当添入一些较大的孔，以此来拉宽它的吸声频带，使其吸声效果接近最佳的状态。

3. 方案设计

本实验使用的器材是不同规格的阻抗管，它们试件管管口大小分别为 100 mm 和 29 mm。

实验一：管口大小 29 mm；孔径 1 mm、2 mm、4 mm；板厚 1 mm；腔深 21 mm；穿孔率：3.805%；

实验二：管口大小 100 mm；孔径 2 mm、4 mm、8 mm；板厚 2 mm；腔深 3.3 mm；穿孔率：1.39%；

(1) 位置分布：为了防止结构吸声不均，我们将孔设计为沿圆心的辐射状对称分布。

(2) 大小分布：根据数学排列组合的方法，分别罗列出 15 种对应的方案。

4. 实验讨论

在评定穿孔板吸声结构对全频的吸声效果的优劣方面，可以利用平均吸声系数 $\bar{\alpha}$ 和频带宽度 Δf 这两个物理量。

平均吸声系数是指在一定频段范围内吸声系数的均值：

$$\bar{\alpha} = \frac{\int_{f_1}^{f_2} \alpha df}{f_2 - f_1} \quad (1)$$

其中 f_1 和 f_2 为上下限频率，可以根据实际需要确定。可以用它来衡量吸声材料在某一频段范围内的吸声效果。

频率宽度则是两个半共振频率之间的区域：

$$\Delta f = f_2^* - f_1^* \quad (2)$$

其中 f_1^* 和 f_2^* 分别为吸声系数为最大值一半时所对应的频率称为半共振频率。

为了简便的从两个方面来评定吸声效果，此处引入一个新的物理量-吸声面积 $S_{\alpha f}$ ，等于平均吸声系数和频带宽度的乘积：

$$S_{\alpha f} = \bar{\alpha} \Delta f \quad (3)$$

在穿孔率一定的条件下，小孔的声阻较大，吸声效果较好，大孔的声阻较小，吸声效果较差，所以设计中要多添加小孔，同时从穿孔选择性吸声的角度入手，适当添入一些较大的孔以此来优化吸声效果。为了找到小孔分布的最佳比例，对第一组实验，我们罗列了 11 组相关的组合方案(见表 1)。分析表明，

Table 1. The pore size distribution scheme

表 1. 孔组合分布的方案

序号	孔径	实验一			实验二		
		小	中	大	小	中	大
		$d_1 = 1 \text{ mm}$	$d_2 = 2 \text{ mm}$	$d_3 = 4 \text{ mm}$	$d_1 = 2 \text{ mm}$	$d_2 = 4 \text{ mm}$	$d_3 = 8 \text{ mm}$
1		0	0	2	0	0	2
2		0	4	1	0	4	1
3		4	3	1	4	3	1
4		8	2	1	8	2	1
5		12	1	1	12	1	1
6		16	0	1	16	0	1
7		0	8	0	0	8	0
8		4	7	0	4	7	0
9		8	6	0	8	6	0
10		12	5	0	12	5	0
11		16	4	0	16	4	0
12		20	3	0	20	3	0
13		24	2	0	24	2	0
14		28	1	0	28	1	0
15		32	0	0	32	0	0

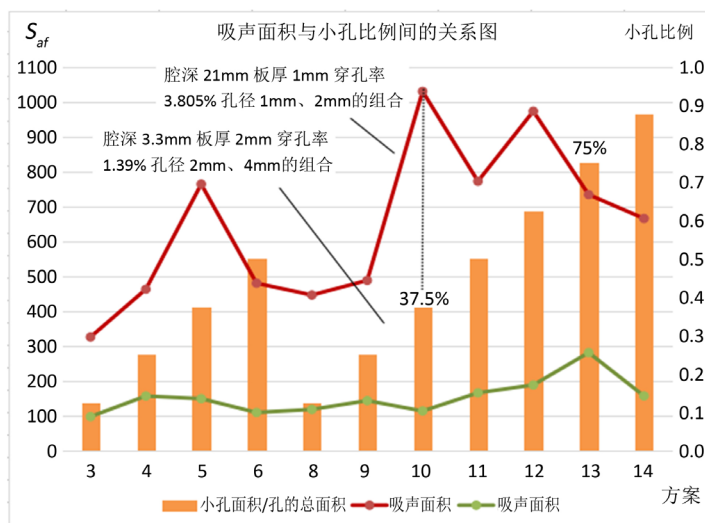


Figure 1. The chart of proportion comparison between sound absorption area and hole area in two schemes

图 1. 两组实验方案吸声面积与小孔比例间的比对比图

在实验一的所有方案中，第 10 及 12 组明显具有较好的吸声效果，它们小孔(孔径 1 mm)面积的比例分别是 0.375 及 0.625，而中孔(孔径 2 mm)面积的比例则是 0.625 及 0.375，这与数学上的黄金比例较为接近。通过比对我们发现，当小孔(孔径 1 mm)与中孔(孔径 2 mm)面积之比为 3:5 时，结构具有最大的吸声面积 S_{af} ，即最佳的全频吸声性能。此外，我们还用类似的方法研究了一定参数条件下孔径 2 mm、4 mm、8 mm 的大小孔的组合(见表 1)，研究表明，此时的小孔(孔径 2 mm)与中孔(孔径 4 mm)面积比为 3:1 时，结构的吸声性能最佳。从理论上讲，吸声性能是由单位面积上的声阻抗来决定的，结合马大猷教授的理论可知，在一定参数条件下，当全频的吸声效果最好时，结构的相对声阻趋向于 1，相对声抗则趋向于 0，而结构的相对声阻及声抗主要取决于板厚、孔径、穿孔率、腔深等因素。通过实验及理论表明，孔径的最佳分布正是由穿孔率、孔径、板厚等结构参数来共同决定的，因此在不同的参数条件下，大小孔面积的最佳分布比例不是绝对的(见图 1)，这也是孔面积最佳分布点的物理意义。该结论对探求最佳孔面积分布是有一定借鉴作用的，同时也为组合穿孔板的工程设计提供了相应的参考依据。

5. 结论

本研究是探讨不同孔径的分布对穿孔板吸声效果的影响。实验及理论分析表明，此时的孔径分布，确实存在一个最优化分布的问题。据此，我们引入新的物理量吸声面积 S_{af} ，从而简便的评定全频内吸声效果的优劣。之后，我们利用数学统筹的方法，结合声阻及选择性吸声的原理，通过吸声面积大小 S_{af} 的比较，研究了一定参数条件下，使效果最佳的孔径分布方案。通过实验及理论分析表明，该方案是由穿孔率、孔径、板厚等结构参数来共同决定的，这也是孔面积最佳分布点的物理意义。

致 谢

对于杭州爱华仪器有限公司赞助的检测器材，在此我们深表感谢！

参考文献 (References)

- [1] 刘淑梅. 计及温度条件下的微穿孔板结构优化设计[J]. 声学技术, 2015, 7(7): 27-28.
- [2] 徐春龙. 粒子群优化算法在轨道交通降噪结构微穿孔板设计中的应用[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2016, 6(5): 7-8.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：ojav@hanspub.org