

# 聚酯机织物吸声性能研究

张新安<sup>1,2</sup>

(1. 同济大学声学研究所, 上海 200092;

2. 西安工程大学省功能性服装面料重点实验室, 西安 710048)

**摘要:**分析了聚酯纤维机织物在背后有空气层时的吸声频谱规律以及测试时材料对管内驻波的影响。将传统吸声材料的 Zwikker 和 Costen 理论、毛细管吸声理论、微穿孔板吸声理论以及穿孔板共振吸声理论应用于材料特性分析,发现 Zwikker 和 Costen 理论可以定性的给出与实测情况相吻合的材料吸声系数随频率的变化规律。穿孔板共振吸声理论可以推导出与实测情况很接近的材料第一吸声峰值频率。另外,毛细管吸声理论和微穿孔板吸声理论不适合于背后有空气层时聚酯纤维织物的吸声情况。

**关键词:**聚酯纤维织物; 管内驻波; 多孔材料 Zwikker 和 Costen 理论; 毛细管吸声理论; 微穿孔板吸声理论; 穿孔板共振吸声理论

## 引 言

吸声技术是噪声控制和室内声场控制的重要研究内容,而吸声材料则是吸声技术的重要物质条件。传统的吸声材料主要分为共振吸声结构和多孔吸声材料两大类。共振吸声结构一般指穿孔板共振吸声结构,它在中低频有较好的吸声表现。而多孔吸声材料中的纤维材料则具有较好的高频吸声效果。所以,常用的方法是在穿孔板吸声结构内填充纤维材料等。然而,传统吸声材料多采用廉价的玻璃棉、矿棉、岩棉等,这些材料在处理时对人体皮肤以及呼吸系统都会产生危害。所以,长期以来人们一直在寻找能够替代传统纤维材料的吸声材料。

随着科技的发展,传统的纺织纤维材料的价格越来越低廉。纺织纤维作为吸声材料的应用也越来越现实。过去,纺织纤维的下脚料也曾作为吸声材料应用在建筑领域。但是传统纺织纤维材料的易燃性和易霉变的特点限制了它的进一步发展。近年来新兴的阻燃技术解决了易燃性问题。合成纤维的产生和应用也解决了易霉变的问题。

早在上世纪 70 年代,日本的子安胜所著的《建筑吸声材料》就讨论了纺织品、帘幕、绒毯等的吸声特性。国外也有双层帘幕吸声性能研究的论文。根据有关资料,目前合成纤维及其制品以其价格低廉,强度高,品种丰富和易于开发成各种特殊结构等特点已成为新兴吸声材料应用于噪声控制领域<sup>[1,2]</sup>。所以,研究合成纤维织物吸声机理,为吸声织物的研制开发提供理论参考是非常有意义的。

## 1 实验方法及结果

本次测试选用一种聚酯纤维织物,组成织物的纱线直径为 0.4mm,覆盖系数为 83.3%,即穿孔率为 16.7%,微孔平均直径为 0.8mm。用驻波管测试系统(B&K2107)测试织物背后有 10cm, 20cm 空腔时的吸声系数和法向相对声阻抗率。测量时材料周边固定在环形构架上,垂直放入驻波管管道内。在驻波管一端加正弦声波,由于入射波和反射波的共振而产生管道内的驻波,加入吸声材料后驻波声压会产生变化,由此声压变化来计算吸声系数,并结合极小声压的位移值决定相对声阻抗率。吸声系数是一个无量

纲参数,与反射系数相对应。声阻抗率反映媒质对声波的阻滞作用,它是声压与波动空气的体积速度的比值。由驻波管测量出的是相对声阻抗率。另外,本实验是织物背后有空腔时的吸声情况,虽然织物在贴墙或作为护面材料时吸声系数很小<sup>[3]</sup>,但背后有空腔时却有较高的吸声系数。这方面的测试结果可以从有关文献中找到<sup>[4,5]</sup>,测量结果如表 1。

## 2 理论分析

### 2.1 织物吸声系数随频率的变化曲线分析

将两种不同空气层厚度试样吸声系数和数据绘成随频率变化的曲线。随着背后空气层的增加整个吸声系数曲线向低频方向移动,如图 1 所示,背后空气层从 10cm 到 20cm,第一吸声峰值频率由 800Hz 移动到 400Hz,第二吸声峰值频率由 2500Hz 移动到 1250Hz,而谷频率则由 1600Hz 移动到 800Hz,即曲线整个向低频方向移动了原有频率的 1/2。

将每一个曲线的极大极小频率归纳分析后可得:

10cm 空腔时吸声系数峰值和谷值出现的位置分别为,

$$D_{\max} = \lambda/4 \text{ 和 } D_{\min} = \lambda/2$$

20cm 空腔时吸声系数峰值和谷值出现的位置分别为,

$$D_{\max} = \lambda/4, 3\lambda/4, 5\lambda/4 \text{ 和 } D_{\min} = \lambda/2, \lambda, 3\lambda/2$$

$D_{\max}$ ,  $D_{\min}$  分别代表出现吸声极大和极小时的空腔厚度。

就是说,在空腔厚度等于 1/4 波长的奇数倍时吸声最大,而在空腔厚度等于 1/2 波长的整数倍时吸声最小。

以上这个两结果与丹麦 F·英格斯列夫关于织物的研究结果以及以色列 Shaoshani 关于机织物吸声性能的研究结果是一致的,即,当背后空气层厚度  $D \approx \lambda/2$  时出现吸声极小值,而  $D \approx \lambda/4, 3\lambda/4$  时出现吸声极大值<sup>[5,6]</sup>。

另外,马大猷院士和张沛商等编写的著作中也给出了帘幕在背后有空气层时出现吸声极大值时的频率计算公式<sup>[7,8]</sup>。

$$f = (2n - 1)c/4D \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

式中,  $f$  为频率,  $c$  为声速,  $D$  为空气层厚度。

由于  $c = \lambda f$ , 代入上式转换后有

$$D \approx (2n - 1)\lambda/4 \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

与前面结论相同。

### 2.2 织物法向相声阻抗率

2.2.1 聚酯纤维织物吸声对管内驻波的影响 由于本实验在采用驻波管测试,所以,作者用等截面刚性管道的声阻抗率理论来分析材料声阻抗率的变化规律。

根据用等截面刚性管道的声阻抗率理论<sup>[9]</sup>,在距离管端为 1/4 波长的奇数倍时有 reserved. <http://www.cn>

$$z = \frac{\rho c}{s} \tanh \delta$$

表 1 聚酯纤维织物吸声系数和相对声阻抗率  
Table 1 Sound absorption coefficients and specific acoustics impedance of polyester fabric

参数频率	$\alpha(10\text{cm})$	$r(10\text{cm})$	$x(10\text{cm})$	$\alpha(20\text{cm})$
125	0.06	0.5	4.3	0.21
160	0.13	0.4	3.3	/
200	0.14	0.3	2.4	/
250	0.38	0.5	1.8	0.72
320	0.43	0.5	1.3	/
400	0.54	0.3	0.8	0.88
500	0.74	0.4	-0.6	0.80
630	0.86	0.8	-0.6	/
800	0.89	0.5	0	0.20
1000	0.86	0.5	0.4	0.52
1250	0.68	0.5	0.8	0.94
1600	0.30	1.3	3.4	0.36
2000	0.42	0.4	1.7	0.90
2500	0.96	0.7	0.05	0.52
3200	0.70	0.7	1.1	/
4000	0.68	2.2	1.6	0.91

表中:  $\alpha$  为吸声系数,  $r$  为法向相对声阻率,  $x$  为法向相对声抗率

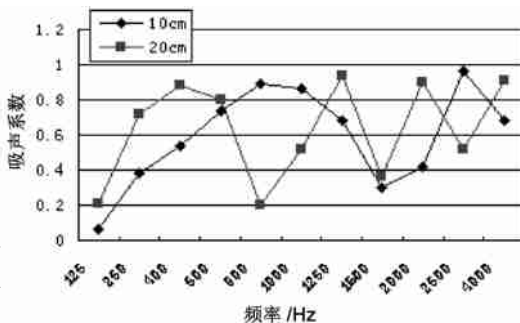


图 1 不同空腔时聚酯纤维织物吸声系数频谱图  
Figure 1 Sound absorption spectrums of polyester fabric with different cavity depth

声阻抗率出现极小值。

在距离管端为 1/2 波长的整数倍时有

$$z = \frac{\rho_c}{s} \coth \delta$$

声阻抗率出现极大值。

式中,  $z$  为声阻抗率,  $\rho_c$  为声传播媒质特征阻抗,  $S$  为管道面积,  $\delta$  可由声压反射系数  $|R|$  计算,  $|R| = e^{-2\delta}$

根据前面讨论, 吸声系数在 1/4 波长的奇数倍出现极大, 而在 1/2 波长的整数倍出现极小。说明材料吸声系数的大小与管内驻波声阻抗率大小有准确对应关系, 即在管内声阻抗率极大的地方, 织物出现吸声极小, 而在管内声阻抗率极小的地方, 织物出现吸声极大。两组不同空腔的数据稳定的出现上述结果, 说明聚酯纤维织物对空腔内的驻波频率相位基本没有影响, 声阻抗率的增加只导致声波能量的衰减。

同时从表 1 还可以看到, 相对声抗率明显大于相对声阻率。再根据吸声系数计算公式<sup>[9]</sup>,

$$a = \frac{4r}{(1+r)^2 + x^2} \tag{1}$$

式中,  $a$  为吸声系数,  $r$  为相对声阻率,  $x$  为相对声抗率。可知材料吸声系数随频率的变化主要来自于相对声抗率, 相对声抗率越小吸声系数越大, 相对声抗率越大吸声系数越小。

2.2.2 用纤维材料有效密度和有效压缩模量(Zwikker 和 Costen)理论分析的结果 聚酯纤维织物可看作是纤维材料层, 所以我们用纤维材料有效密度和有效压缩模量理论分析它的吸声频谱特性。

设聚酯纤维织物厚度为  $d$ , 空气层厚度为  $D$ 。材料的声阻抗率为

$$z = \frac{z_{s0} \coth \left( \frac{j\omega d}{c} \right) + \rho_c}{\coth \left( \frac{j\omega d}{c} \right) + \frac{z_{s0}}{\rho_c}} \tag{2}$$

式中

$$z_{s0} = \rho_c \coth \delta = \rho_0 c_0 \coth \left( \frac{j\omega D}{c_0} \right) \tag{3}$$

下面分别讨论:

$$(1) D = (2n - 1) \frac{\lambda}{4}$$

此时,  $(\omega D / C_0) = \pi/2$ , 可得  $\coth \left( \frac{j\omega D}{c_0} \right) = 0$ , 由式(3)得

$$\delta = j \frac{\pi}{2}, \text{ 即 } z_{s0} = 0$$

$$\text{因此, } z = \rho_c \coth \left( \frac{j\omega d}{c} + j \frac{\pi}{2} \right) = \rho_c \tanh \left( \frac{j\omega d}{c} \right)$$

声阻抗率表现为极小值。

$$(2) D = n \frac{\lambda}{2}$$

此时,  $(\omega D / C_0) = \pi$ , 可得  $\coth \left( \frac{j\omega D}{c_0} \right) \rightarrow \infty$ , 由此得  $\delta = 0$ , 即

$$z_{s0} \rightarrow \infty, \text{ 代入(2) 式得 } z = \rho_c \coth \left( \frac{j\omega d}{c} \right)$$

声阻抗率表现为极大值。

$$\text{吸声系数公式又可表示为 } a = 1 - \left| \frac{z - \rho_c}{z + \rho_c} \right|^2$$

式中  $z$  为声阻抗率,  $\rho_c$  为空气特征阻抗。一般较高密度的媒质(比如织物)其阻抗总是的大于空气的阻抗值, 那么在  $z$  和  $\rho_c$  相差不大时, 从吸声系数公式就可以得到, 声阻抗率极小 ( $D = (2n - 1) \frac{\lambda}{4}$ ) 时出

现吸声极大,声阻抗率极大( $D = n \frac{\lambda}{2}$ )时出现吸声极小的结果。所以,Zwicker 和 Costen 理论可以定性给出聚酯纤维织物吸声系数与波长或频率的关系。

下面计算聚酯纤维织物材料有效密度和有效压缩模量。

在空气层厚度为  $D$  时,分别测试材料距离刚性背面, $D = \lambda/4$  和  $D = \lambda/2$  时的相对声阻抗率  $Z_1, Z_2$ , 则材料复特性阻抗为

$$\rho_c = \sqrt{z_1 z_2}$$

本实验中测得,材料  $Z_1 = 0.5, Z_2 = 1.4 + 3.3j$ 。所以,其复特性阻抗  $\rho_c = 0.74 + 1.11j$ 。复声速  $c$  可由下式求出

$$\tanh\left(\frac{j\omega d}{c}\right) = \sqrt{z_2/z_1} = \sqrt{2.8 + 6.6j} = 7.2e^{30.8j} = 6.2 + 3.7j$$

由  $\tanh(j\omega d/c) = j \operatorname{tg}(\omega d/C)$ , 得  $\operatorname{tg}(\omega d/C) = -3.7 + 6.2j$ 。本实验空气层厚度为 20cm, 其对应 1/4 波长频率为 400Hz, 材料厚度  $d = 0.4 \times 10^{-3}$  m, 所以,  $\omega d/C$  为小值。此时,

$$\operatorname{tg}(\omega d/C) \approx \omega d/C,$$

从而有

$$\omega d/C = -3.7 + 6.2j, \quad c = -0.08 - 0.15j \text{ (m/s)}$$

从而得有效密度  $\rho = -0.79 + 0.07j$ , 有效压缩模量  $B = \rho c^2 = 0.11 - 0.99j$ 。

### 2.3 微孔吸声理论应用于时织物的情况

2.3.1 毛细管吸声理论 根据测量,聚酯纤维织物在背后有 10cm 空腔时,其不同频率吸声系数在 0.06~0.90 之间变化。下面对材料进行毛细管吸声理论分析。材料微孔有效孔径半径  $a = 0.8 \times 10^{-4}$  m, 在频率为 125~320 之间满足  $a < \sqrt{\frac{15}{\omega}} \times 10^{-3}$ 。根据毛细管中声传播理论,此时聚酯纤维织物的微孔可以看作是吸声毛细孔。细管的声阻抗率可表示为,

式中,  $r = \frac{8\eta}{\pi a^4}$  为声阻率,  $\omega m$  为声抗率,  $M = \frac{4}{3} \left[ \frac{\rho_0 l}{\pi a^2} \right]$  其中,  $a$  为细管半径,  $l$  为细管长度。对于本实验中聚酯纤维织物来说,  $l = d = 0.4$  mm, 空气粘滞系数  $\eta = 1.85 \times 10^{-5}$  kg/sm, 空气密度  $\rho_0 = 1.21$  kg/m<sup>3</sup>。

将材料微孔数据带入,从而可得到材料单个微孔的声阻率为  $r = 4.6 \times 10^8$ ,  $M = 3.2 \times 10^4$ , 声抗率  $\omega M$  在频率 125~3200Hz 之间为  $4.0 \times 10^6 \sim 1.0 \times 10^8$

根据声学理论,声波垂直入射于材料表面时,每一个毛细管都是入射声波体积流的一个分支流。材料的声阻抗率应该是各个细管声阻抗率并联的结果。此时,  $Z_s = \frac{z}{\sigma} = \frac{r}{\sigma} + \frac{\omega M}{\sigma} = r' + x$ ,  $\sigma$  为材料穿孔面积,实验中,  $\sigma = 17\%$ , 则织物声阻率为  $r' = 0.27 \times 10^{10}$ , 在频率 125~3200Hz 之间的声抗率  $x$  在  $0.24 \times 10^8 \sim 0.59 \times 10^9$  之间。将以上数据代入吸声系数公式:

$$\alpha = \frac{4r''}{(1+r'')^2 + x'^2}$$

式中,  $r'' = r'/\rho_0 c_0$  为相对声阻率,  $x' = x/\rho_0 c_0$  为相对声抗率,  $\rho_0 c_0 = 415$  为空气特性阻抗。可得吸声系数为在  $0.59 \times 10^{-6} \sim 0.62 \times 10^{-6}$  之间变化。

由此看出,利用毛细管吸声理论计算出的织物吸声系数比聚酯纤维织物背后有空腔时测量到的吸声系数小 6 个数量级。

2.3.2 微穿孔吸声理论 微穿孔吸声理论适用的范围是  $0.5 \text{ mm} > a > 0.005 \text{ mm}$ , 聚酯纤维织物的穿孔半径为 0.08mm, 刚好在这个范围内。所以,作者假设聚酯纤维织物与微穿孔板有相同的吸声机理。

根据微穿孔吸声理论,材料吸声系数为

$$\alpha = \frac{4r}{(1+r)^2 + [\omega m - \cot(\omega d/c_0)]^2}$$

式中,  $r$  为相对声阻率,  $\omega m - \cot(\omega D/c_0)$  为相对声抗率

$$r = \frac{32 \eta}{\sigma \rho_0 c_0 d^2} k_r,$$

$$k_r = \sqrt{1 + \frac{k^2}{32}} + \frac{\sqrt{2}}{32} k \frac{d}{t}$$

在实际应用中,  $k \approx d \sqrt{f/10}$ ,  $r/k_r = \frac{32 \eta}{\sigma \rho_0 c_0 d^2} \approx 0.15 t / (\sigma d^2)$

$$k_m = 1 + \left[ 3^2 + \frac{k^2}{2} \right]^{-1/2} + 0.85 \frac{d}{t}$$

$$\omega m = \frac{\omega \eta}{\sigma c_0} k_m = \frac{1.85 \times 10^{-3} f t}{\sigma} k_m$$

式中,  $d$  为穿孔孔径,  $t$  为材料厚度,  $D$  为背后空腔距离,  $\sigma$  是穿孔面积为百分数%。在本实验  $d = 0.08\text{mm}$ ,  $t = 0.4\text{mm}$ ,  $d, t$  单位取  $\text{mm}$ ,  $\sigma = 17\%$ ,  $D = 0.2\text{m}$ 。将上述数据代入计算得,

$$k = 0.025 \sqrt{f}$$

$$k_m = 1.34 + (9 + 0.3 \times 10^{-3} f)^{-1/2}$$

$$\omega m = 4.4 \times 10^{-5} k_m$$

$$k_r = \sqrt{1 + \frac{k^2}{32}} + 8.8 \times 10^{-3} k$$

则相对声阻率  $r = 0.55 k_r$

对于空腔  $D = 20\text{cm}$  有

$$x = \omega m - \cot(\omega D/c_0) = \omega m - \cot(3.7 \times 10^{-3} f)$$

将以上数据代入吸声系数公式:  $\alpha = \frac{4r}{(1+r)^2 + x^2}$

计算并与实测结果比较见表 2。

从表 2 可以看出, 理论值与实测结果相差较大。

下面我们再看共振频率的位置。在马大猷院士最新出版的《现代声学理论基础》一书中给出了计算微穿孔板共振吸声峰值频率和带宽的图解法, 其结果为微穿孔板共振吸声峰值频率出现在  $\frac{\omega D}{c_0} = \frac{\pi}{8}$  的地方即  $D = \lambda/16$  的地方。

这也与本实验结果( $\lambda/4$ )相去较大。

### 2.4 穿孔板共振吸声理论应用于聚酯纤维织物时的情况

穿孔板共振吸声条件为声抗率为零, 此时, 穿孔板吸

声系数极大。从表 1 可以看出, 在声抗率  $x$  为零时, 聚酯纤维织物吸声也达到极大。另外, 在声抗率为零时(即共振时), 材料吸声系数随相对声阻率增加而增加。

下面讨论聚酯纤维织物吸声极大值频率与穿孔板共振吸声频率的关系。

穿孔板共振吸声体的共振频率公式为,

$$f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{p}{(b + 0.8d)D}} \tag{4}$$

式中,  $f$  为频率,  $c$  为声速( $35000\text{cm/s}$ ),  $D$  为空气层厚度( $\text{cm}$ ),  $P$  为穿孔率,  $b$  为穿孔板厚度( $\text{cm}$ ),  $d$  孔径( $\text{cm}$ )。上式的应用条件是<sup>[9]</sup>,

$$b \geq PD/3$$

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

根据测量, 本次实验用聚酯纤维织物平均穿孔率为 17%, 对于  $D = 10\text{cm}$  和  $20\text{cm}$ , 分别有

$$PD/3 = 0.57\text{cm}, 1.13\text{cm}$$

而聚酯纤维织物平均厚度  $b$  为  $0.04\text{cm}$  显然不能满足(5)式。所以,很明显(4)式不能用来计算背后有空气层时聚酯纤维织物的吸声共振频率。

但是,从穿孔板共振吸声体的声阻抗率公式也可以推出聚酯纤维织物的吸声共振频率的近似计算公式。

设穿孔板表面每个共振器所占面积为  $S_0$ ,垂直入射时共振器的声阻抗率  $Z$  为空气层声阻抗率与穿孔声阻抗率之和,即<sup>[9]</sup>,

$$Z = Z_1 + Z_2 = \frac{\rho_0 c_0}{S_0} \coth\left(\frac{j\omega D}{c_0}\right) + j\omega \frac{\rho_0 l_0}{S}$$

如果空腔的声阻抗率采用近似式则有,

$$Z = \frac{1}{j\omega C} + j\omega m \quad (6)$$

式中,  $\omega = 2\pi f$ 。  $m$  为共振器声质量,它是空腔声质量  $m_1$  及穿孔声质量  $m_2$  之和:

$$m = m_1 + m_2 = \frac{\rho_0 D}{3S_0} + \frac{\rho_0 l}{S} \quad (7)$$

$C$  为声顺

$$C = \frac{V}{\rho_0 c_0^2} \quad (8)$$

式中  $V$  为共振器空腔的容积,

$$V = S_0 D \quad (9)$$

设材料测试面积为  $A$ ,由于材料穿孔率为  $17\%$ ,则微孔体积与空腔体积之比为,  
( $0.17Ab/AD$ )= $0.17b/D=6.5\times 10^{-4}$ 和  $3.2\times 10^{-4}$ (分别对应  $D=10\text{cm}$  和  $20\text{cm}$ )

即穿孔声质量  $m_2$  不到空腔声质量  $m_1$  的  $1/1000$ 。所以,穿孔声质量  $m_2$  可设为零。共振时声抗率为零。此时,由共振条件及式(6)、(7)、(8)、(9)式有,

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{m_1 C}} = c_0 \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{DV/S_0}} = \frac{\sqrt{3}c_0}{D}$$

即

$$f = \frac{\sqrt{3}}{2\pi} \frac{c_0}{D} = 0.27 \frac{c_0}{D} \approx \frac{c_0}{4D}$$

转换后有

$$D \approx \lambda/4$$

而材料的吸声第一极大值也就是  $D \approx \lambda/4$  的位置,即应用穿孔板共振吸声理论可以得到与聚酯纤维织物相近的第一峰值吸声频率。

### 3 小结

为了论述方便,以下将背后有空气层时的聚酯纤维织物吸声结构简称为聚酯纤维织物结构:

(1) 聚酯纤维织物结构的吸声系数和声阻抗率随频率的变化有较强的规律性;

不同空腔聚酯纤维织物吸声极大和声阻抗率极小出现的频率位置均为,

$$D \approx (2n-1)\lambda/4, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

而吸声极小和声阻抗率极大出现的频率位置均为,

$$D \approx \lambda/2n, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

(2) 聚酯纤维织物的吸声并不改变驻波管内声波的频率和相位;

(3) 现有帘幕吸声峰值频率的计算公式与本文推导出的聚酯纤维织物结构吸声峰值频率的计算公式相近;

(4) 聚酯纤维织物结构实测吸声系数随频率变化的规律,可以由效密度和有效压缩模量(Zwikker 和 Costen)理论定性的给出;

©1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cn>

(5) 根据毛细管中声传播理论计算出的聚酯纤维织物结构吸声系数与实测值相差 6 个数量级;

(6) 微穿孔板共振吸声理论应用于聚酯纤维织物结构时, 计算出的吸声系数理论值与实测值相差 1 个数量级;

(7) 将穿孔板共振吸声理论应用于聚酯纤维织物结构, 则共振吸声频率与聚酯纤维织物实测第一吸声峰值频率基本相同。

## 参考文献:

- [ 1 ] Ligten V, Robert H. *International Textile Bulletin - Nonwovens Industrial Textiles*, 1994, 40(3); 29~32.
- [ 2 ] Coates M, Marek K. *Technical Textiles International*, 2002, 11(7); 15~18.
- [ 3 ] 章奎生, 林平. *声学技术*, 1993, (1); 3.
- [ 4 ] 钟祥璋. *建筑吸声材料与隔声材料*. 北京: 化学工业出版社, 2005, 309.
- [ 5 ] F. 英格斯列夫著, 吕如榆译. *近代实用建筑声学*. 北京: 中国工业出版社, 1963, 101~104.
- [ 6 ] Shaoshani Y, Rosenhouse G. *Applied Acoustics*, 1990, 30(4); 321~333.
- [ 7 ] 马大猷主编. *噪声与振动控制手册*. 北京: 机械工业出版社, 2002, 424~425.
- [ 8 ] 张沛商, 姜亢. *噪声控制工程*. 北京: 北京经济学院出版社, 1991, 159~161, 165, 154~155.
- [ 9 ] 赵松龄. *噪声的降低与隔离*. 上海: 同济大学出版社, 1985, 50~51, 106~107, 141~142, 80~110
- [ 10 ] 杜功焕, 等. *声学基础*. 南京: 南京大学出版社, 2001, 273~277.
- [ 11 ] 马大猷. *现代声学理论基础*. 北京: 科学出版社, 2004, 500~700.

## Sound Absorption Properties of Polyester Fabric

ZHANG Xin'an

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

**Abstract:** This paper discussed the sound absorption properties of polyester fabric backed with cavity. In our study, different theory was applied to explain the properties of polyester fabric backed with cavity. The conclusion is that the stand wave in the tube will not change their frequency and phase by the absorption of fabric, the Zwicker and Costen theory can give the absorption law at different frequency roughly, the first maximum sound absorption coefficient frequency can be got by the perforated resonance theory. The capillary sound absorption theory and micro-perforated resonance theory is not agree with the practice of polyester fabric.

**Key words:** Polyester fabric; Stand wave in the tube; Zwicker and Costen theory; Perforated resonance theory; Capillary sound absorption theory; Micro-perforated resonance theory