

吸声泡沫塑料板的布置方式 对吸声性能的影响

胡颂纯* 钟祥璋

(同济大学声学研究所 上海·200092)

1 引言

现代建筑物中,广泛地使用多孔性吸声材料来控制室内混响时间或降低噪声。采取适当布置材料的方法以利用吸声材料的边缘效应可以充分地发挥其吸声性能从而节约材料。目前市场上有些多孔性吸声材料如泡沫塑料板、泡沫玻璃板等可以不用龙骨,而采用粘结剂直接粘贴在墙面或平顶表面上,施工非常方便,这对上述设想是很有利的。早在五六十年代,为了对混响室法测量吸声系数制订国际规范,有关吸声材料边缘效应的作用曾进行了广泛的研究^[1],近年还有人对材料间隔布置引起超量吸声的问题作了研究^[2]。本文主要通过实验探讨材料布置方式对吸声性能的影响。

2 试验材料

试验材料选用宁波镇海吸音材料厂生产的阻燃型聚氨酯泡沫塑料板,它是一种多孔性强吸声材料。该产品正面覆盖一层阻燃薄膜,以防止油、水和灰尘的侵入而堵塞泡孔影响吸声性能,背面涂有不干胶并贴有保护纸。这种材料化学稳定性好,耐潮湿及耐强酸强碱腐蚀,不易老化,与无机纤维性材料如玻璃棉等相比,不会发生纤维散落造成二

次污染,阻燃性能好,离火自熄,燃烧时不产生有毒气体,重量轻。已在厅堂音质设计时控制混响时间及工矿企业噪声治理中获得广泛应用。其主要物理力学性能由上海测试中心轻工行业测试点按有关国家标准进行测试,结果列于表1。

表1. 阻燃聚氨酯泡沫吸声板的主要物理力学性能

项 目	单 位	实测值
表观密度	kg/m ³	26
拉伸强度	KPa	117
延伸度	%	150
撕裂强度	N/cm	5.88
自 熄 性	S	1
保护纸剥离力	N/25mm	0.49
粘结强度	N/25mm	材料拉破
持粘时间(40±1℃)	min	7

* 上海工程技术大学纺织学院赴同济大学进修教师。

收稿日期: 93-5-28

表2 材料水平布置形式

编号	布置形式	周边长度/面积 (m/m ²)	材料间距 (mm)
A	密铺	12/9 = 1.33	/
B	宽条	24/9 = 2.67	25, 50, 100, 200
C	大块	36/9 = 4	25, 50, 100, 200
D	窄条	42/9 = 4.67	25, 50, 100, 200
E	小块	54/9 = 6	25, 50, 100, 200
F	大棋盘格	36/9 = 4	1000 × 1000
G	小棋盘格	54/9 = 6	500 × 1000

表3 材料竖立布置形式

编号	布置形式	占地面积	材料间距(mm)
H	平行	不限	250, 500, 750, 1000, 1250
I	平行	3 × 3m	375/750
J	平行	3 × 3m	600
K	平行	3 × 3m	600
L	正交	3 × 3m	500 × 500
M	正交	3 × 3m	1000 × 1000
N	正交	3 × 3m	1000 × 3000

3 材料的布置形式

测试用的聚氨脂泡沫吸声板是素板，板幅尺寸为500×1000mm，共计18块，试件总面积为3×3m。厚度分为25mm，50mm和75mm三种。我们曾经进行过材料厚度及背后空腔对吸声性能影响的研究^[3]，本文进一步研究材料布置形式对吸声系数的影响。材料布置形式分水平和竖立两种。水平布置是把材料平铺在刚性地面上，分密铺、条形(单边留缝)、方形(双边留缝)及棋盘格共7种形式，图1为布置示意图，各种布置形式的单位面积周边长度及间距列于表2。竖立布置是将材料的宽度方向竖立在混响室地面上(高度为500mm)，分平行布置及正交布置两类，每类又有若干形式，其示意图如图2，材料间距列于表3。

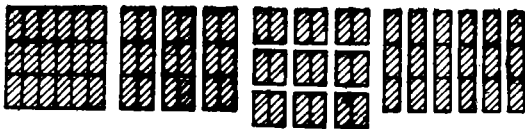


图1 材料水平布置示意图

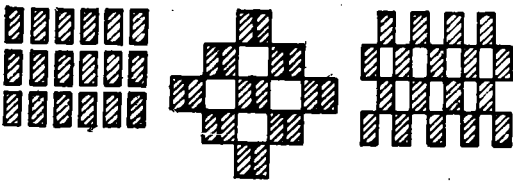


图2 材料竖立布置示意图

4 材料水平布置对吸声性能的影响

多孔性吸声材料的典型吸声特性如图3所示^[4]，即法向吸声系数 α 随频率 f 的不同而不同，在低频段一般较低，但随频率的提高

而很快提高,在 f_r 处达到第一个吸收峰值 α_r , f_r 称为第1共振频率;在 f_a 处为第1个吸收谷值 α_a , f_a 称为第1反共振频率;此后吸声系数起伏变化,趋于一个随频率变化不敏感的值 α_m ,称为高频段吸声系数。

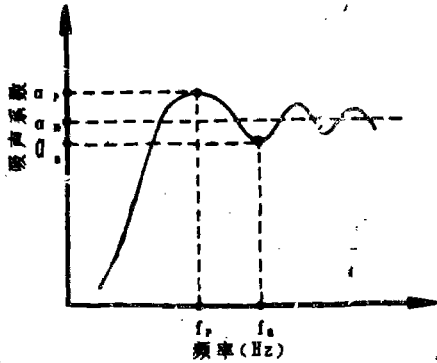


图3 多孔性材料的典型吸声特性曲线

数发生了有意义的变化,这种变化可归纳为由以下两个因素引起。

4.1 材料间距

图4为厚75mm吸声板,按表2中E型布置时不同间距下的吸声特性比较,A型密铺作为间距为0的特殊情况以资比较。结果表明,五种不同间距下材料的低频吸声特性是相当吻合的,第1共振频率都是315Hz,但高频吸声特性随间距增大而明显地提高。若取第1共振频率以上的平均吸声系数 $\bar{\alpha}_{315-800}$ 作为 α_m ,则不同间距下的高频吸声系数及其相对提高量如表4所示。其它厚度及B、C、D型布置的试验也表明了同一现象。

表4 75mm吸声板E型布置时不同间距下的高频吸声系数

材料间距d(mm)	0	25	50	100	200
高频吸声系数 α_m	1.25	1.32	1.36	1.51	1.60
相对提高量(%)	/	6	9	21	28

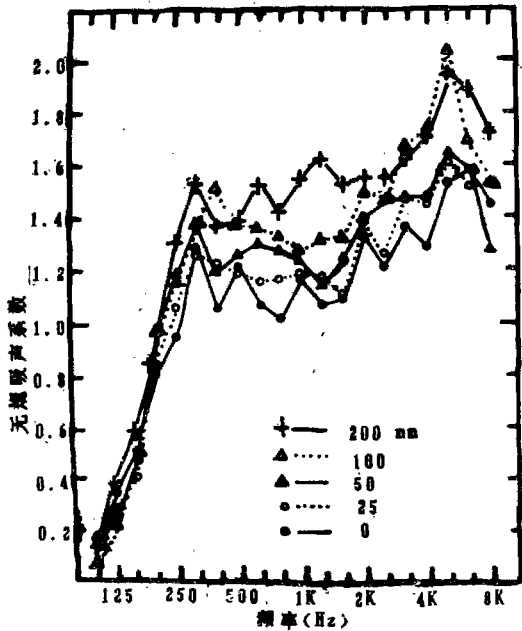


图4 材料间距对吸声的影响

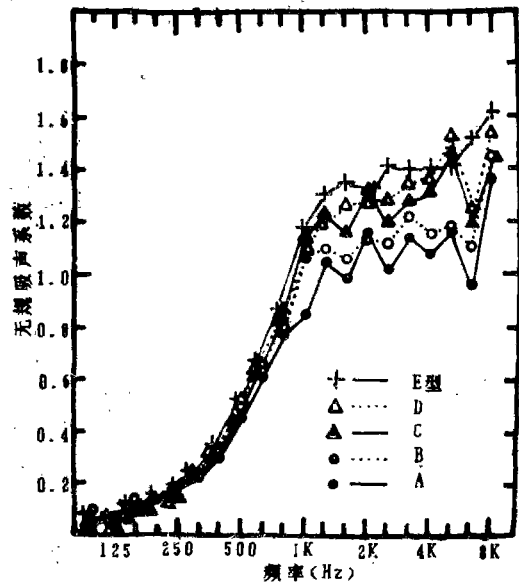


图5 材料周边长度对吸声的影响

实测的是聚氨脂泡沫吸声板的无规吸声系数 α_n ,虽与法向吸声系数 α_0 有所不同,但其频谱特性基本一致,只是高频段吸声系数会大于1,这就是过量吸声现象,是由吸声材料的边缘效应引起的。而且同等面积的吸声材料随着布置形式的不同,其表观吸声系

4.2 材料单位面积的周边长度

图5为厚25mm吸声板在不同布置形式

但间距都是200mm时的吸声特性比较。结果表明，相同面积的材料切成不同单元并分散布置后，高频吸声系数随材料单位面积周边长度的增加而提高，具体数值见表5。其它厚度及间距的试验结果基本一致。

表5 25mm吸声板不同布置(间距200mm)的高频吸声系数

布置形式	A	B	C	D	E
单位面积周边长度(m/m ²)	1.33	2.67	4	4.67	6
高频吸声系数 α_m	1.10	1.17	1.29	1.34	1.42
相对提高量(%)	/	6	17	22	29

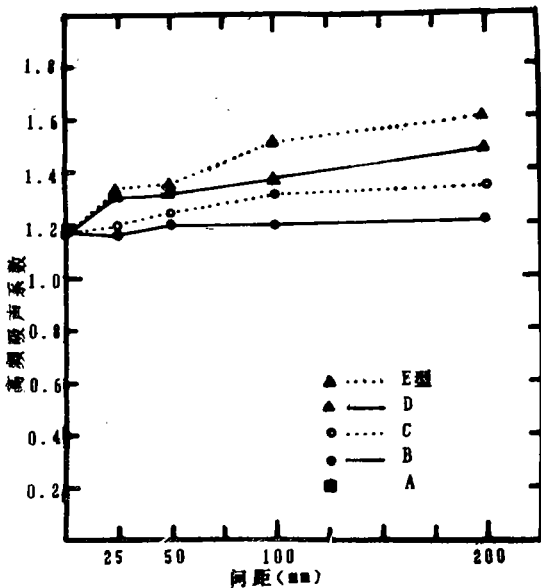


图6 材料高频吸声系数-间距曲线

为了同时反映出间距及单位面积周边长度对高频吸声系数的影响，还可以进一步作出 α_m-d 曲线。图6为厚75mm吸声板的 α_m-d 曲线。结果表明，一般而言，间距越大，周边长越大(材料单元越小)，高频吸声系数就越大。其它厚度的实验曲线也基本相符。但比较不同厚度的 α_m-d 曲线，高频吸声系数与厚度的关系并不明显。

材料作棋盘格布置时，相互间距较大，单位面积周边长度也大，因此高频吸声系数也高。表6为厚75mm吸声板具有相同周边长度的C与F型、E与G型布置时高频吸声系数的比较。

表6 75mm吸声板棋盘格与方形布置的高频吸声系数

布置形式	C	F	E	G
单位面积周边长度(m/m ²)	4		6	
高频吸声系数 α_m	1.35	1.42	1.60	1.68

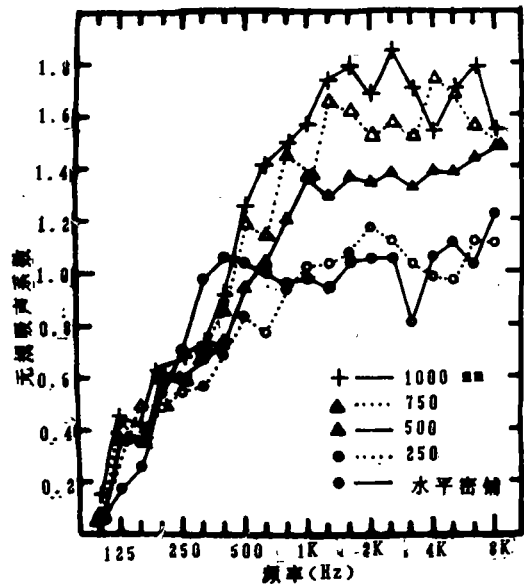


图7 竖立平行布置时间距对吸声的影响

5 材料竖立布置对吸声系数的影响

竖立布置的吸声材料可当作一种空间吸声体。这种形式通常适用于平顶较高的建筑，有利于室内自然通风采光和灯光布置。这时声波将投射到材料的两侧表面，吸声性能与平铺时有所不同。50mm厚吸声板按表3中H型布置时在不同间距下的吸声特性比较如图7所示。为了与水平布置相比较，图中也

画上了水平密铺的吸声特性曲线。结果表明，与水平布置相比，竖立布置的低频吸声性能有较大提高，如125Hz的吸声系数可达0.4左右，比平铺时提高一倍以上；但中频段某些频率吸声性能有所下降；高频吸声系数也有显著提高，且随材料间距增大而提高得更多。若以平铺时第一共振频率500Hz为高频段起点计算高频段平均吸声系数 α_m ，则各种间距下的高频吸声系数及其比水平密铺时的相对提高量见表7。

表7 50mm吸声板H型布置时不同间距的高频吸声系数(水平密铺时 $\alpha_m = 1.02$)

材料间距 d(mm)	250	500	750	1000	1250
高频吸声系数 α_m	1.01	1.30	1.50	1.62	1.68
相对水平密铺提高量(%)	0	27	47	59	65

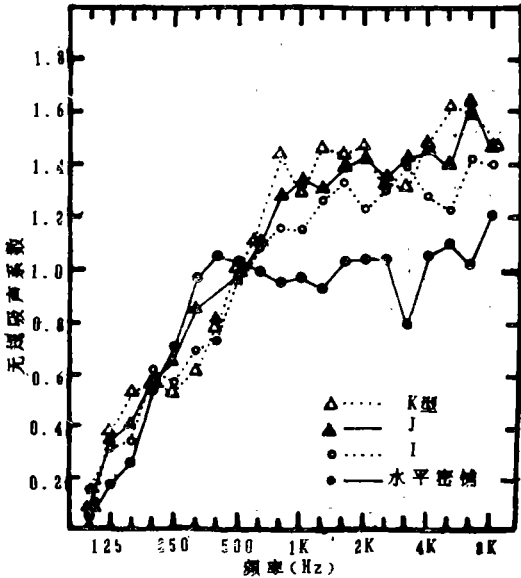


图8 限地竖立平行布置各型的吸声特性

在某些情况下，吸声材料竖立布置时占用的建筑表面积受到限制，不能靠增加间距来提高吸声效果，只能在限定的范围内改变材料的排列方式来寻求最佳效果，为此我们作了一些试验。图8为50mm厚吸声板平行布置在 $3 \times 3m$ 建筑面积内几种形式的吸声

特性比较，图9为正交布置几种形式的吸声特性比较。结果同样表明，竖立布置的低频及高频吸声性能都优于水平布置，但200~500Hz的频带内反而有所降低，而且材料间距尽可能增大有利于高频吸声系数的提高。

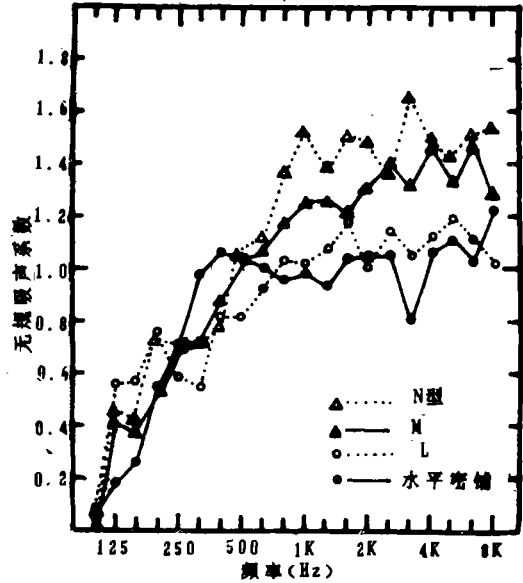


图9 限地竖立正交布置各型的吸声特性

6 结束语

综上所述，相等面积的吸声材料在不同的布置情况下，其吸声效果是有区别的。利用尽可能少的材料，通过选择合适的布置形式以获得尽可能高的吸声效果，是一个具有实际应用价值的研究课题。

宁波镇海吸音材料厂提供了阻燃型吸声泡沫塑料试件材料，作者在此表示感谢。

参考文献

1. W.C.Kosten, 国际间混响室中的比较性测量. 声学译丛, 1962; (4):115
2. D.Takahashi, Excess absorption by periodically arranged material. J. Acoust. Soc. Am, 1989, 86(6)
3. 钟祥璋等. 阻燃泡沫塑料吸声板的吸声系数. 噪声与振动控制, 1993; (3)
4. 赵松龄. 噪声的降低与隔离. 上册p.130 同济大学出版社, 1985年.