

EPR 改性 PP 微穿孔板吸声性能的研究^{*}

兰晓霞

(东北农业大学, 哈尔滨 150030)

赵书兰 谭学杰^{**} 刘学和

(哈尔滨工程大学 150001)

摘要 用自行研制的 EPR 改性 PP 基阻燃泡沫材料制成微穿孔板, 研究其吸声特性及规律, 并与 EPR 改性 PP 基阻燃非泡沫材料微穿孔板进行对比。结果表明, 泡沫材料微穿孔板吸声体在中、低频率区域的最大吸声因数可达 0.98 以上; 在 125~2 000 Hz 范围内平均吸声因数可达 0.52 以上。

关键词 EPR, PP, 吸声材料, 吸声体

随着科学技术的进步, 噪声污染已成为社会公害之一。为了控制噪声, 除了减少噪声源之外, 还可使用降噪材料。降噪材料按吸声机理分有多孔吸声材料和共振吸声结构两大类。

国内生产的多孔吸声材料大多是用无机矿物纤维加工成的, 如玻璃棉等。近年来, 有关有机类多孔吸声材料的研究正在广泛展开^[1]。1995 年, 我们在国内外首次研制出 EPR 改性聚丙烯(PP)基阻燃泡沫吸声材料^[2]。最近, 在此基础上, 我们又对这种材料的配方和合成工艺进行了较大改进, 并借鉴吸声结构理论^[3], 研制成微穿孔板组合吸声体。本研究就微穿孔板组合吸声体的吸声性能与铝合金板和 EPR 改性 PP 非泡沫材料微穿孔板进行了比较, 现介绍如下。

1 实验

1.1 主要原材料

EPR, 牌号为 4045[#], 日本产品; PP, 北京燕山石化公司化工二厂产品; 阻燃剂、交联剂及发泡剂等均为市售产品。

1.2 主要仪器和设备

SK-160B 型开炼机, 上海橡胶机械厂产品; YY200A 型 200 t 油压式压力试验机(其加热系统及控温系统为自行设计与安装), 国营红山实

验机厂产品; Z4002 型台式钻床, 南京人民机械厂产品(辅助设备为自行设计与安装); 驻波管声学测试仪, 丹麦 B & K 公司产品; 各种模具, 自行设计和加工。

1.3 试样加工工艺流程

试样加工工艺流程如下:

备料、称量 → 双辊混炼 → 出片料 → 粉碎 → 称量 → 模压发泡 → 脱模 → 钻孔 → 修饰 → 试样

1.4 吸声性能测试

按测试要求, 用驻波管法测试吸声性能^[4,5]。把试样放入驻波管中, 使声波垂直入射到试样上, 测试其吸声数据。

2 结果与讨论

2.1 EPR 改性 PP 基阻燃泡沫材料吸声性能

为了提高吸声材料的吸声性能, 我们对 1995 年研制的 EPR 改性 PP 基阻燃泡沫材料的配方和工艺又进行了改进。改进前后材料的吸声因数 α 及所测频率吸声因数的平均值如图 1 和表 1 所示。

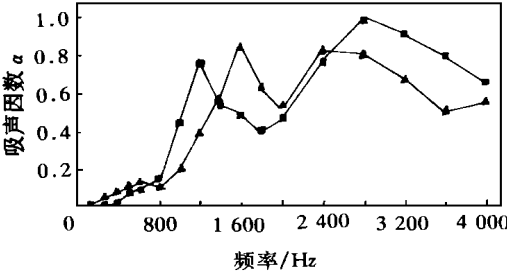


图 1 EPR 改性 PP 基阻燃泡沫材料吸声性能比较
▲—改进前; ■—改进后

^{*} 黑龙江省自然科学基金资助项目。
^{**} 哈尔滨工程大学 1996 级研究生。
作者简介 兰晓霞, 女, 1963 年 9 月出生。工程师。1995 年毕业于哈尔滨师范大学化学系。长期从事化学有机工艺研究工作。“亚磷酸酯的研制”曾获哈尔滨化学学会优秀论文奖。已发表论文 10 余篇。

表 1 EPR 改性 PP 基阻燃泡沫材料吸声因数比较

项 目	改进前	改进后
频率/Hz		
125	0.02	0.02
250	0.05	0.02
400	0.09	0.03
500	0.11	0.08
600	0.13	0.10
800	0.11	0.15
1 000	0.20	0.45
1 200	0.39	0.78
1 400	0.58	0.53
1 600	0.85	0.49
1 800	0.64	0.40
2 000	0.52	0.47
2 400	0.82	0.77
2 800	0.80	0.99
3 200	0.68	0.91
3 600	0.50	0.79
4 000	0.56	0.65
吸声因数平均值 *	0.42	0.45
降噪因数 **	0.22	0.26

注: * 所测频率点处吸声因数的算术平均值; ** 250、500、1 000 和 2 000 Hz 处吸声因数的算术平均值。

从图 1 和表 1 可以看出,改进后材料的吸声因数又有了较大提高,最大吸声因数为 0.99 (2 800 Hz);降噪因数由 0.22 提高到 0.26;在 125~4 000 Hz 测试点吸声因数的平均值由 0.42 提高到 0.45;改进后的吸声材料在 1 000~4 000 Hz 高频区域有良好的吸声性能,其平均吸声因数为 0.66;在 125~1 000 Hz 低频区域材料的吸声性能不佳,平均吸声因数仅为 0.12。

为了提高难度较大的低频区域的吸声性能,我们用自行研制的改进后的 EPR 改性 PP 阻燃泡沫材料为基本材料,利用微穿孔板吸声结构理论,研制出微穿孔板吸声体。

2.2 微穿孔板吸声体

微穿孔板吸声体是由钻了孔的吸声材料及其测试管顶部之间形成的空腔组成的,孔径一般在 1 mm 以下。我们考察了 EPR 改性 PP 阻燃材料及其泡沫材料微穿孔板吸声体的吸声性能。

2.2.1 EPR 改性 PP 微穿孔板吸声体

本研究用 EPR 改性 PP 材料制成微穿孔板吸声体。该改性材料是赵书兰教授等自行研制的,它不含发泡剂,有良好的力学性能。

为了考察材料穿孔分布等因素对吸声性能的影响,对吸声材料厚度(t)、空腔厚度(s)、钻孔孔径(d)及穿孔率(p)进行了设计和测试。正交试验的因素水平表、试验测得的吸声因数及极差分析分别如表 2、3 和 4 所示。

表 2 EPR 改性 PP 的 $L_{16}(4^4)$ 因素与水平

水平	因 素			
	t/mm	s/mm	d/mm	$p/\%$
1	0.9	10	0.6	1
2	1.7	20	0.9	2.5
3	2.5	40	1.3	5
4	3.4	80	2.0	10

表 3 EPR 改性 PP 微穿孔板吸声体的吸声性能

序号	组合	频率/Hz												吸声因数
		125	250	400	500	600	800	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	平均值 *
1	$t_1s_1d_1p_1$	0.02	0.02	0.08	0.09	0.18	0.22	0.64	0.60	0.52	0.62	0.36	0.29	0.30
2	$t_1s_2d_2p_2$	0.05	0.05	0.15	0.18	0.24	0.45	0.82	0.99	0.95	0.70	0.62	0.53	0.48
3	$t_1s_3d_3p_3$	0.06	0.14	0.45	0.60	0.80	0.95	0.89	0.68	0.45	0.34	0.38	0.28	0.50
4	$t_1s_4d_4p_4$	0.04	0.08	0.17	0.34	0.39	0.47	0.32	0.31	0.05	0.11	0.07	0.05	0.20
5	$t_2s_1d_2p_3$	0.06	0.05	0.04	0.06	0.05	0.07	0.11	0.16	0.18	0.34	0.56	0.69	0.20
6	$t_2s_2d_1p_4$	0.07	0.06	0.07	0.11	0.14	0.27	0.47	0.70	0.85	0.91	0.91	0.82	0.45
7	$t_2s_3d_4p_1$	0.11	0.12	0.82	0.75	0.57	0.32	0.22	0.30	0.19	0.06	0.04	0.06	0.30
8	$t_2s_4d_3p_2$	0.19	0.33	0.91	0.85	0.72	0.48	0.35	0.27	0.07	0.10	0.06	0.06	0.37
9	$t_3s_1d_3p_4$	0.09	0.06	0.06	0.07	0.05	0.07	0.08	0.10	0.04	0.21	0.34	0.44	0.13
10	$t_3s_2d_4p_3$	0.05	0.04	0.05	0.08	0.09	0.24	0.54	0.77	0.62	0.40	0.46	0.29	0.30
11	$t_3s_3d_1p_2$	0.08	0.31	0.46	0.74	0.88	0.62	0.43	0.28	0.05	0.15	0.16	0.20	0.36
12	$t_3s_4d_2p_1$	0.28	0.46	0.92	0.67	0.46	0.25	0.18	0.11	0.17	0.02	0.09	0.07	0.31
13	$t_4s_1d_4p_2$	0.06	0.05	0.08	0.12	0.24	0.26	0.80	0.88	0.25	0.17	0.18	0.16	0.27
14	$t_4s_2d_3p_1$	0.09	0.18	0.27	0.40	0.29	0.48	0.22	0.09	0.15	0.01	0.03	0.05	0.19
15	$t_4s_3d_2p_4$	0.08	0.09	0.17	0.28	0.30	0.63	0.80	0.79	0.62	0.50	0.05	0.43	0.39
16	$t_4s_4d_1p_3$	0.30	0.48	0.52	0.58	0.79	0.47	0.35	0.24	0.03	0.11	0.14	0.09	0.34

注: * 同表 1。

表 4 EPR 改性 PP 微穿孔板吸声体
试验极差分析表

水平	因素			
	<i>t</i>	<i>s</i>	<i>d</i>	<i>p</i>
1	0.398 5	0.289 3	0.401 5	0.317 8
2	0.380 0	0.362 0	0.378 0	0.421 8
3	0.293 2	0.416 5	0.333 2	0.366 8
4	0.339 0	0.343 0	0.298 0	0.304 5
最优水平	1	3	1	2
极差 <i>R</i>	0.105 3	0.127 2	0.103 5	0.117 3

所得结果是:在不同厚度、孔径、穿孔率等条件下,相同材料吸声体的最大吸声因数 $\alpha_{\max}$ 相差甚远,如 1 200 Hz 处差值为 0.83(见表 3, 序号 2 为 0.99,序号 5 为 0.16);未穿孔板吸声体与微穿孔板吸声体相比,在 400 Hz 处吸声因数由 0.03 提高到 0.91(见表 1 以及表 3 序号

8);最大吸声因数的频带加宽了,原来最大吸声因数出现在某个频率点处,而现在最大吸声因数出现在一定频率区域范围内,如吸声因数 ≥ 0.8 时,表 3 序号 2 的频率为 1 000~1 400 Hz、序号 3 的频率为 600~1 000 Hz;影响因素的显著性排列顺序为: $s>p>t>d$, 最佳组合为 $s_3p_2t_1d_1$ (见表 4)。

2.2.2 EPR 改性 PP 泡沫材料微穿孔板吸声体

所用的材料是我们自行研制的 EPR 改性 PP 阻燃泡沫材料,正交实验同样采用 $L_{16}(4^4)$ 。为了便于对比,所设计的因素和水平与表 2 所示未发泡吸声体相同,所用条件及测试方法与 2.2.1 节相同。吸声性能测试结果与极差分析如表 5 和 6 所示。

表 5 泡沫材料微穿孔板吸声体的试验结果

序号	组合	频率/ Hz												吸声因数 平均值 *
		125	250	400	500	600	800	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	
1	$t_1s_1d_1p_1$	0.02	0.03	0.07	0.13	0.12	0.35	0.60	0.69	0.89	0.71	0.54	0.51	0.39
2	$t_1s_2d_2p_2$	0.01	0.05	0.18	0.17	0.27	0.62	0.78	0.98	0.90	0.80	0.74	0.63	0.51
3	$t_1s_3d_3p_3$	0.04	0.07	0.24	0.33	0.39	0.79	0.96	0.93	0.70	0.59	0.61	0.53	0.52
4	$t_1s_4d_4p_4$	0.10	0.13	0.36	0.55	0.63	0.73	0.59	0.49	0.21	0.18	0.15	0.06	0.35
5	$t_2s_1d_2p_3$	0.03	0.05	0.07	0.09	0.11	0.15	0.28	0.41	0.62	0.90	0.99	0.98	0.39
6	$t_2s_2d_1p_4$	0.02	0.04	0.10	0.14	0.19	0.34	0.50	0.74	0.90	0.97	0.99	0.95	0.49
7	$t_2s_3d_4p_1$	0.07	0.09	0.82	0.70	0.53	0.33	0.30	0.20	0.07	0.08	0.09	0.08	0.28
8	$t_2s_4d_3p_2$	0.19	0.34	0.96	0.97	0.89	0.68	0.54	0.31	0.19	0.16	0.14	0.09	0.45
9	$t_3s_1d_3p_4$	0.05	0.03	0.03	0.06	0.04	0.10	0.07	0.12	0.11	0.27	0.38	0.50	0.15
10	$t_3s_2d_4p_3$	0.07	0.08	0.09	0.15	0.21	0.50	0.90	0.98	0.79	0.51	0.46	0.37	0.43
11	$t_3s_3d_1p_2$	0.12	0.23	0.71	0.76	0.64	0.51	0.39	0.30	0.30	0.20	0.20	0.18	0.38
12	$t_3s_4d_2p_1$	0.31	0.32	0.98	0.53	0.39	0.03	0.20	0.14	0.02	0.13	0.07	0.07	0.27
13	$t_4s_1d_4p_2$	0.06	0.08	0.10	0.11	0.12	0.33	0.75	0.94	0.61	0.40	0.36	0.40	0.36
14	$t_4s_2d_3p_1$	0.05	0.16	0.15	0.49	0.80	0.49	0.29	0.15	0.09	0.24	0.11	0.06	0.26
15	$t_4s_3d_2p_4$	0.05	0.08	0.19	0.23	0.34	0.65	0.81	0.83	0.65	0.60	0.50	0.44	0.45
16	$t_4s_4d_1p_3$	0.25	0.52	0.58	0.91	0.68	0.51	0.40	0.30	0.14	0.21	0.21	0.11	0.40

注: *同表 1。

表 6 $L_{16}(4^4)$ 试验极差分析表

水平	因素			
	<i>t</i>	<i>s</i>	<i>d</i>	<i>p</i>
1	0.429 5	0.318 8	0.429 3	0.336 3
2	0.428 0	0.418 5	0.418 5	0.442 0
3	0.324 5	0.429 3	0.350 3	0.424 8
4	0.376 0	0.391 5	0.360 0	0.355 0
最优水平	1	3	1	2
极差 <i>R</i>	0.105 0	0.110 5	0.079 0	0.105 7

从表 5 可以看出,最大吸声因数频率出现在一定频率范围内,最大吸声因数 $\alpha>0.8$ 时,

序号 8 的频率为 400~600 Hz, 序号 6 的频率为 1 400~2 000 Hz。从表 6 可以看出,影响因素的显著性排列顺序为: $s>p>t>d$, 最佳组合为 $s_3p_2t_1d_1$ 。

用此最佳组合制成泡沫材料微穿孔板吸声体所测得的不同频率下吸声性能(吸声因数)为: 125 Hz 0.07; 250 Hz 0.19; 400 Hz 0.37; 500 Hz 0.50; 600 Hz 0.80; 800 Hz 0.98; 1 000 Hz 0.97; 1 200 Hz 0.88; 1 400 Hz 0.64; 1600Hz 0.48; 1800Hz 0.47; 2000Hz 0.44; 平均值 0.57; 降噪因数

0.52。

3 结论

(1)未发泡材料与其泡沫材料微穿孔板吸声体,都可在 400~600 Hz 低频区域具有最大吸声因数(见表 3 和 5 的序号 8)。在 400~600 Hz 范围内未发泡吸声体吸声因数的平均值 $\bar{\alpha}_0$ 为 0.83(表 3 序号 8 的 0.91, 0.85 和 0.72),而泡沫材料的 $\bar{\alpha}_0$ 为 0.94(表 5 序号 8 的 0.96, 0.97 和 0.89)。可见,泡沫材料吸声体优于非泡沫材料吸声体。

(2)影响因素显著性排列顺序为: $s > p > t > d$, 最佳组合为 $s_3p_2t_1d_1$ 。

(3)在 125~800 Hz 范围内,泡沫材料微穿孔板吸声体吸声因数的平均值 $\bar{\alpha}_0$ 为 0.67(表 5 序号 8 的 0.19, 0.34, 0.96, 0.97, 0.89 和 0.68)。

(4)最佳组合吸声体在 600~1 200 Hz 范围内都有较好的吸声性能,其吸声因数的平均值 $\bar{\alpha}_0$ 为 0.91(0.80, 0.98, 0.97 和 0.88),最大吸声因数在 800 Hz 处为 0.98。

参考文献

1 项端祈. 英国的声学材料(或结构)及其应用. 噪声与振动控制, 1986(5): 17~22
2 赵书兰, 朱荣凯, 张凤敏, 等. 橡胶改性 PP 阻燃泡沫材料吸声性能的研究. 橡胶工业, 1997, 44(12): 711~714
3 马大猷. 微穿孔板吸声结构的理论和设计. 中国科学, 1975, 18(1): 38~50
4 盛胜我. 吸声材料的法向声阻抗率及其应用. 噪声与振动控制, 1983(3): 6~10
5 贾志富. 声学测量实验. 北京: 国防工业出版社, 1989. 44~45

收稿日期 1999-05-05

Study on Sound Adsorption of EPR-modified PP Foam Sheet

Lan Xiaoxia

(Northeast Agricultural University, Harbin 150030)

Zhao Shulan, Tan Xuejie and Liu Xuehe

(Harbin Engineering University 150001)

Abstract A flame-retardant foam sheet was made with self-developed EPR-modified PP. The sound adsorption of EPR-modified foam sheet was investigated by comparing to that of EPR-modified non-foam sheet. The results showed that the maximum sound adsorption factor of the foam sheet could reach above 0.98 at the medium and low frequencies; and the average sound adsorption factor could reach above 0.52 at the frequencies from 125 to 2 000 Hz.

Keywords EPR, PP, sound adsorption material, foam

未来合成橡胶需求预测

印度《橡胶杂志》1999 年 41 期 34 页报道:

未来 5 年 SR 消耗量预期增长 14%, NR 消耗量预期增长 13%, 到 2003 年生胶总消耗量将达到 1 930 万 t。

就世界各地 SR 消耗量而言,工业最发达的北美和西欧将有适度增长,拉美将缓慢但稳定地增长。亚太地区的增长也将缓慢而稳定。增长最快的将是要尽力赶上西欧邻国的中欧地区。中国仍将保持强劲增长势头,但强度已不如去年预测的那么大。到 2003 年发

达国家的 SR 消耗量仍是最大的,而且处于增长趋势,但在世界总耗量中的比例将下降。

就 SR 品种而言,除 CR 外,中、西欧各胶种需求都将有强劲增长,EPDM 增长尤为突出。北美和拉美显示了类似的增长势头。亚太地区目前虽然有金融危机的影响,但未来 5 年将发生很大变化,在中国带动下情况将明显好转。为满足日益增长的需求,中国有多项 SR 扩建项目已经在建或准备上马,这将对未来世界 SR 的生产和需求产生重大影响。

(涂学忠摘译)