

滞后损失仪在优选配方中的应用研究

闫传武 高 岩 王德新

(桦林集团有限责任公司 157032)

摘要 介绍滞后损失仪的原理、性能及使用方法。对子午线轮胎胶料的测试结果表明,滞后损失仪能够真实地测定出胶料的粘弹特性,可为改进胶料配方、提高轮胎综合性能提供科学的依据。

关键词 滞后损失仪,动态滞后性,弹性常数

众所周知,橡胶的动态力学性质在实际应用中具有重要意义。对于橡胶材料,不仅应当了解它的动态模量,还应当了解其阻尼因子(即损耗因子)。橡胶的屈挠性能、冲击强度、磨损及摩擦性能等都与橡胶的损耗因子有关。从理论上讲,损耗因子能够最敏感地反映材料的分子运动状况,即聚合物的状态转变、松弛过程、共混、共聚、结晶和填充,或者说,复合材料、胶料的交联与硫化等都可以通过损耗因子的测定反映出来。本文介绍用我公司从意大利 CAMPANA 公司引进的滞后损失仪测定胶料粘弹性能的一种方法。

1 滞后损失仪简介

滞后损失仪为 20050 VEDUGG10 型,由穿透型滞后测试仪、电子控制系统、微型数字处理系统、打印机、可调温的恒温浴和仪器鉴定装置等部分组成。

该仪器的基本部分是一个质量为 76 g 的振动杆(示意图见图 1),杆的一端有一个邵尔 A 型平压头,压头落在被测试样的表面上,杆的上面装有两个小型永久磁铁。

试验是将带有测量传感器的振动杆压向试样后进行电磁振动,通过系统的共振频率和测试平台上的张力诱导,把试样的动态滞后性(粘度滞后现象)及弹性常数(动态刚性

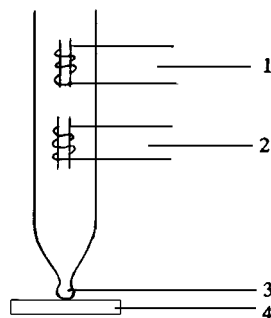


图 1 振动杆工作原理示意图

1—频率测定传感器;2—电压测定传感器;

3—压头;4—试样

度)分别表示出来。

2 理论分析及计算公式

滞后损失仪系用于强迫振荡共振式粘弹试验,采用半宽度法对硫化胶进行测试。

所谓半宽度法,即测出共振频率 f_0 后,再测定共振曲线中振幅为 $\pm \frac{\sqrt{2}}{2} |X_0|_{\max}$ 的两点的相应频率 f_1 和 f_2 (见图 2),利用公式(1)求出 $\tan \delta$:

$$\tan \delta = \frac{f_2 - f_1}{f_0} \quad (1)$$

在强迫振荡的共振试验中,试样受到外加的强迫变形或强迫作用力的作用,产生一个自由度的振荡,复数弹性模量可表示为

$$k^* = k' + i k'' \quad (2)$$

式中 k^* ——复数弹性模量;

作者简介 闫传武,男,1968 年 9 月 27 日出生。助理工程师。1992 年本科毕业。曾发表论文 3 篇。

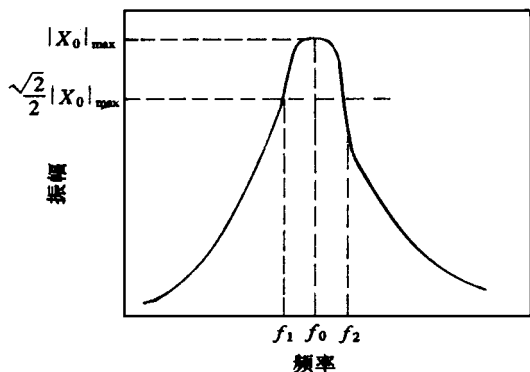
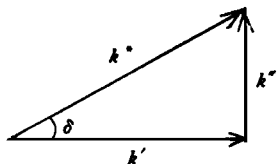


图2 共振频率曲线

k' ——弹性模量的实数部分;

k'' ——弹性模量的虚数部分。

从矢量关系来说, k 和 k' 是相互垂直的, 可用矢量图表示, 如图3所示。

图3 k' , k'' 与 k 三者的矢量关系

k 与 k'' 之间的夹角为相差角, 其余角的正切 $\tan \delta$ 为

$$\tan \delta = \frac{k''}{k'} \quad (3)$$

$\tan \delta$ 称为阻尼因子或损耗因子。

当振幅达到极大时对应的频率确定为系统的固有频率, 即试样的固有频率 ω_0 。

$$\omega_0 = 2\pi f_0 \quad (4)$$

式中 ω_0 ——系统的固有频率, rad s^{-1} ;

f_0 ——最大频率, Hz。

将式(4)代入 $k' = m\omega_0^2$ ^[1], 得

$$k' = 4\pi^2 f_0^2 m \quad (5)$$

式中 m 为振动杆的质量。

k'' 可由下式求出^[2]:

$$k'' = \omega_0 \eta_\omega \quad (6)$$

式中 η_ω ——动态滞后性, Ns m^{-1} 。

由于

$$\eta_\omega = 2\pi(f_2 - f_1) m \quad (7)$$

与式(4)一起代入(6)式, 得

$$k'' = 4\pi^2 f_0(f_2 - f_1) m \quad (8)$$

把式(5)和(8)代入式(3), 即得

$$\tan \delta = \frac{f_2 - f_1}{f_0}$$

从而可采用半宽度法求得损耗因子 $\tan \delta$ 。

3 实验

试样采用厚度为 4 mm、直径为 45 mm 或 70 mm 的硫化胶。

选择自动工作状态后, 依次输入试验日期、编号、次数、试验温度和预热时间。

常温试验温度为 (23 ± 2) , 高温试验温度为 70 或 100。

4 结果与讨论

4.1 试验的重现性

为了验证试验结果的重现性, 对载重子午线轮胎的生产胶料在常温和 100 条件下分别进行了 3 次测定, 结果列于表 1。

从表 1 的结果分析表明, 各组数据的重复性都满足测试标准的要求, 说明滞后损失仪所反映的胶料在常温和高温条件下的粘弹性测试结果的重现性是比较好的。

4.2 在优选配方中的应用

为了进一步验证滞后损失仪测定的粘弹性对生产和科研的指导作用, 设计了一组提高耐磨性能的配方, 对物理性能和粘弹性进行同步对比试验。试验配方为:

A 配方: SMR20 100; 硫黄 1.0; 促进剂 NOBS 1.5; 防焦剂 CTP 0.15; 氧化锌 3.5; 硬脂酸 2.0; 微晶蜡 1.0; 防老剂 RD 1.5; 防老剂 4010NA 2.0; 炭黑 N110 38.5; 白炭黑 15.0; Si-69 3.0; 增塑剂 A 2.0。

B 配方: 在 A 配方基础上增加 1 份胶易素 T-78。

C 配方: 在 B 配方基础上增加 2 份 Si-69。

试验结果列于表 2。

表 1 载重子午线轮胎胶料粘弹性测定结果

胶料及试验次序	动态滞后性 $\eta''/(\text{Ns}\cdot\text{m}^{-1})$		$k'/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-1})$		损耗因子 $\tan\delta$	
	23	100	23	100	23	100
胎面胶						
1	8.62	8.17	13.77	8.31	0.085	0.093
2	9.10	8.00	16.61	7.96	0.082	0.104
3	8.81	7.31	11.95	7.23	0.093	0.100
胎侧胶						
1	8.42	7.71	11.83	7.23	0.090	0.100
2	8.65	7.01	12.55	7.87	0.090	0.092
3	8.99	7.21	12.90	7.86	0.092	0.094
胎体胶						
1	10.50	9.45	41.39	30.71	0.060	0.063
2	9.00	9.54	36.84	29.85	0.054	0.066
3	10.51	9.75	41.48	30.41	0.060	0.066
内衬层胶						
1	16.87	16.82	13.21	9.70	0.176	0.192
2	20.35	18.77	16.04	10.25	0.186	0.214
3	20.30	18.53	16.52	10.75	0.183	0.210
下衬层胶						
1	9.10	8.74	30.96	25.34	0.060	0.063
2	9.42	9.35	31.57	24.78	0.062	0.069
3	11.41	9.45	43.21	25.43	0.064	0.068
下三角胶						
1	15.42	14.36	88.80	70.11	0.060	0.063
2	15.83	15.87	74.73	71.19	0.067	0.068
3	15.39	15.65	80.94	75.24	0.061	0.066

注:1) 每次试验的动态滞后性和弹性常数数值都是由 5 个试样的测试值平均所得;
2) 规定材料的 $\tan\delta$ 值不应大于 0.4。

表 2 物理性能与粘弹性同步对比试验结果

性 能	配 方 编 号			性 能	配 方 编 号		
	A	B	C		A	B	C
门尼粘度[ML(1+4) 100]	64.3	57.8	65.2	常温下粘弹性			
门尼焦烧时间(127)/ min	18.6	19.0	18.5	动态滞后性/ (Ns·m ⁻¹)	10.50	9.15	9.05
硫化仪数据(151)				$k'/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-1})$	21.42	19.52	20.37
$M_L/(\text{N}\cdot\text{m})$	0.67	0.68	0.68	损耗因子 $\tan\delta$	0.083	0.076	0.074
$M_H/(\text{N}\cdot\text{m})$	3.72	3.80	3.95	100 ×48 h 老化后			
t_{10}/min	6.0	5.7	5.7	拉伸强度/ MPa	24.21	24.75	24.94
t_{90}/min	13.5	15.0	16.2	扯断伸长率/ %	441	446	446
硫化胶性能(151 ×30 min)				300 %定伸应力/ MPa	16.65	16.78	16.89
拉伸强度/ MPa	26.63	27.45	27.91	邵尔 A 型硬度/ 度	76	77	77
扯断伸长率/ %	562	565	589	磨耗量/			
300 %定伸应力/ MPa	11.06	12.58	13.84	[cm ³ ·(1.61 km) ⁻¹]	0.30	0.27	0.25
邵尔 A 型硬度/ 度	73	73	75	100 条件下粘弹性			
回弹值/ %	47	47	48	动态滞后性/ (Ns·m ⁻¹)	9.54	9.23	9.15
磨耗量/				弹性常数/ (kN·m ⁻¹)	15.98	16.63	17.19
[cm ³ ·(1.61 km) ⁻¹]	0.073	0.063	0.050	损耗因子 $\tan\delta$	0.088	0.083	0.081

从表 2 可以看出,B 配方增加了 1 份胶易素 T-78 以后,提高了胶料的均匀性和致密性,因此,各项物理性能均好于配方 A。而 C 配方在增加 1 份胶易素 T-78 的基础上又增加了 2 份 Si-69,改善了胶料的交联结构,因此 C 配方的物理性能又好于 B 配方,老化前后的耐磨性能则更加明显。

在粘弹性方面,无论在常温还是 100 条件下,B 和 C 配方的损耗因子 $\tan\delta$ 都比 A 配方的小,按照粘弹性理论,损耗因子小的胶料具有较好的耐磨性,说明 B 和 C 配方胶料的耐磨性优于 A 配方。

5 结语

通过测定胶料的粘弹性,可以得到与物

理性能相同的结论,而且利用胶料的粘弹性进行配方研究的结果与轮胎在实际使用过程中的性能具有较好的相关性,因此在生产和科研中具有十分广阔的应用前景。该滞后损失仪具有测试频率宽、能在低应变下测试以及操作简单等优点,为生产和科研提供了一种科学而有效的检测手段。

致谢 在试验过程中得到了张洪奎工程师的大力支持,在此表示深深的感谢!

参考文献

- 1 橡胶工业手册编写小组. 橡胶工业手册第八分册. 修订版. 北京:化学工业出版社,1992. 633
- 2 朱 敏. 橡胶化学与物理. 北京:化学工业出版社,1984. 145

收稿日期 1997-06-20

Application of Hysterometer to Optimization of Rubber Recipe

Yan Chuanwu, Gao Yan and Wang Dexin

(Hualin Group Corp. Ltd. 157032)

Abstract The principle, performance and guideline of the hysterometer were described. A test was made on the radial tire compound with the hysterometer. The results showed that the real visco-elastic characteristics of the compound could be obtained with the hysterometer to modify the rubber recipe and improve the tire performance.

Keywords hysterometer, dynamic hysteresis, elastic constant

三明双轮化机打入国际市场

福建省三明双轮化工机械有限公司注重产品质量,开发新产品,将单模轮胎硫化机、双模外胎定型硫化机等产品打入国际市场。

在福建三明双轮化工机械有限公司已承接的合同中,出口订货合同额占总合同额的 66%,今年已实现出口交货额近 2 000 万元人民币。目前,该公司开发的新产品——1 168.4 mm(46 英寸) B 型轮胎定型硫化机已销往美国固特异轮胎公司。同时,该公司还与法国米其林、日本普利司通等公司签订

了技术交流意向书及供货合同。

(摘自《中国化工报》,1997-08-28)

台湾轮胎企业投资大陆短期 内将增至 11 家

由于看好大陆市场,台湾轮胎企业赴大陆投资大幅增加。继正新、建大等厂家之后,目前计划前来投资建厂的有立新和南港等数家。预计短期内前往大陆投资建厂的台湾轮胎厂家将增至 11 家,兴建轮胎厂数 13 家。

(摘自《港台信息报》,1997-09-05)