

滚动损失与胎面胶弹性滞后性能的关系(第2报)

Сахновский Н. Л. и др 著 林平超译 刘润祺校

降低轮胎生热对保证轮胎的高速性能具有重大意义。已知轮胎生热直接与轮胎的滚动损失有关,而轮胎滚动损失首先又与胎面胶的滞后损失有关。

在实验条件下研制滞后损失最少的胎面胶时,重要的是使负荷条件与轮胎滚动时胎面所受负荷条件相符合。

在最简单的均衡负荷情况下,通常观察3个条件:规定变形(ϵ 恒定)、规定周期能量(W 恒定)和规定负荷(σ 恒定)。

在这些条件下,比滞后损失(ΔW)按以下关系式确定:

当 $\epsilon = \text{常数}$ 时

$$\Delta W = a_1 K \quad (a_1 = \text{常数})$$

当 $W = \text{常数}$ 时

$$\Delta W = a_2 \cdot K/E \quad (a_2 = \text{常数})$$

当 $\sigma = \text{常数}$ 时

$$\Delta W = a_3 \cdot K/E^2 \quad (a_3 = \text{常数})$$

已知,斜交结构和子午线结构的载重轮胎胎面胶总的负荷条件接近于规定周期能量的条件,而轿车轮胎 И-243 型 185/80R15 胎面胶则接近于规定变形的条件。

本文运用试验设计法研究了钢丝束束层轿车子午线轮胎 E_x -85 型 165/70R13 的滚动损失与不同负荷条件下测得的胎面胶弹性滞后性的相互关系。研究了5种 E, K 值大不相同的异戊橡胶 СКИ-3 和顺丁橡胶 СКД 并用胎面胶的轮胎,所有轮胎胎体都一样。

通过改变胶料中炭黑、油和硫化体系的含量来调节硫化橡胶的动态性能。试验设计用三变量二水平分因素试验的线性模型。炭黑含量为40和80重量份,ИИ-6ИИ为10和

30重量份,硫黄1.5和4.5重量份。

在试样承受谐波与非谐波(脉冲)的负荷条件下测定了硫化橡胶的弹性滞后性(表1):第1种情况是在 ННСТРОН-1122(正弦条件),КМП-01 和 ЭДМ 等仪器上进行;等2种情况是轮胎在 ННСТРОН-1122 仪器上“打秋千”的情况。此外,还测定了胶料试样的肖伯弹性和用手提式仪器(ППЭ)直接在轮胎上测定胎面的回弹性。

根据 ЭДМ 仪器的试验结果按公式 $E = 2W/\epsilon^2$ 和 $K = 2\Delta W/\epsilon^2$ 计算出 E 和 K 值。

不管测定弹性滞后性的条件与方法怎样,都大致上按 K/E 值排成了同一列(见表1)。它们的动态性能变化很大:动态模量大了2倍,而内摩擦模量大了3.5倍。

用德国“Хазбач”公司的机器在内压为0.23和0.30MPa下测定了轮胎在“冷”状态下(试验开始后的1—3s)速度为 $40\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ 和“热”状态下(滚动4h后)速度为 $80\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ 的滚动阻力系数(表2)。

计算了5种胶料轮胎的滚动阻力系数($f_{x,r}$)值,这些系数的实际差值不大于5%。这就证明,线性模型完全适合于描述 $f_{x,r}$ 与炭黑、油和硫黄含量的关系。当内压为0.23MPa时,有以下形式的回归方程:

$$f_x = 0.0160 + 0.0016x_1 + 0.0001x_2 + 0.0003x_3 \quad (1)$$

$$f_r = 0.0119 + 0.0012x_1 + 0.0003x_2 + 0.00007x_3 \quad (2)$$

式中 f_x, f_r ——轮胎在“冷”和“热”状态下的滚动阻力系数;

表 1 E_x-85 型 165/70R13 轮胎胎面胶的弹性滞后性

项目	胶料编号				
	1	2	3	4	5
KMP-01(22℃)					
K,MPa	1.60	0.84	3.45	3.71	2.66
E,MPa	5.35	2.39	7.56	7.42	5.91
K/E	0.30	0.35	0.46	0.50	0.45
Э/М(ε=50%,22℃)					
K,MPa	0.96	0.48	1.45	1.85	1.10
E,MPa	3.50	1.60	4.20	4.90	3.40
K/E	0.27	0.31	0.35	0.37	0.33
Э/М(ε=50%,70℃)					
K,MPa	0.48	0.32	1.00	1.04	0.80
E,MPa	3.00	1.40	3.80	3.85	3.10
K/E	0.16	0.22	0.27	0.27	0.26
“Ннстрон-1122”(正弦条件,22℃)					
E'',MPa	0.42	0.25	0.95	1.10	0.77
E',MPa	3.28	1.46	4.42	4.37	3.59
E''/E'	0.128	0.172	0.216	0.252	0.214
“Ннстрон-1122” (轮胎“打秋千”的情况,22℃)					
E'',MPa	0.59	0.35	1.23	1.34	1.00
E',MPa	3.29	1.46	4.40	4.30	3.54
E''/E'	0.180	0.240	0.280	0.312	0.282
肖伯弹性,%					
22℃	46	42	34	28	32
100℃	60	53	45	44	46
ΠΠЭ弹性(22℃),%	50	46	39	35	36

注：* E''=K/2π。

x_1, x_2, x_3 ——分别为炭黑、油和硫黄的设定单位含量。

根据这些方程可以计算出 165/70R13 轮胎的 $f_{x,r}$ 与胎面胶中炭黑、油和硫黄含量的关系。

由表 3 数据可见,胎面胶中炭黑含量提高 10 份, f 就增大约 5%。ΠΠ-6ΠΠ 油和硫黄用量的变化对 f 影响不大。

众所周知,轮胎胎面部件是在复杂的应

表 2 胎面胶不同的 E_x-85 型 165/70R13 轮胎的滚动阻力系数

胶料编号	内压,MPa	滚动阻力系数*	
		冷	热
1	0.23	0.0146	0.0105
	0.30	0.0134	0.0098
2	0.23	0.0141	0.0109
	0.30	0.0129	0.0102
3	0.23	0.0171	0.0127
	0.30	0.0157	0.0114
4	0.23	0.0180	0.0134
	0.30	0.0165	0.0116
5**	0.23	0.0165	0.0123
	0.30	0.0154	0.0113
5pac(计算值)	0.23	0.0160	0.0119
	0.30	0.0147	0.0108

注：* 负荷为 4000N；* * 无炭黑和硫黄的胶料。

表 3 胎面胶配合剂含量提高对 E_x-85 型 165/70R13 轮胎滚动阻力系数的影响

配合剂	ΔC,重量份	滚动阻力系数 变化率*,%
工业炭黑	10	+5.0/+4.6
石油类油 ΠΠ-6ΠΠ	10	+0.6/+1.3
硫黄	1	+1.2/-0.4

注：* 分子是轮胎处于“冷”状态下的数据,分母是轮胎处于“热”状态下的数据。

力状态下工作的,要经受压缩与剪切变形。

第 1 种情况代表了规定应力的条件,第 2 种情况代表了规定变形的条件。这些条件与胎面花纹的几何参数即模型因素有关。轿车轮胎花纹沟底层胶表征了给定变形状况。

正如前文研究过的,当动态模量比为 K/E^n 时,简单的负荷条件可以用指数 n 表示:

当 ϵ =常数时, $n=0$

当 W =常数时, $n=1$

当 σ =常数时, $n=2$

很显然,在复杂应力状态下,随着简单负

荷条件的贡献不同, n 可以在 0—2 间取任何值。与此相适应, 轮胎胎面滚动总损失(f_z)与胎面胶弹性滞后性的关系可以用以下函数式表示:

$$f_z \sim \Phi(\alpha K/E^0, \beta K/E^1, \gamma K/E^2) \sim \Phi(K/E^n)$$

式中 α, β, γ ——规定变形、规定周期能量和规定应力的影响。

计算了 165/70R13 与 185/80R15 轮胎滚动损失与指数 n 的相关系数(r)。这两个规格轮胎的分析结果(表 4)表明, 当 $n=0.5$ 时, 相关系数最高。

表 4 轿车子午线轮胎 f 与 n 之间
对应的关系系数

n	轮胎相关系数		
	165/70R13		185/80R15
	“冷”状态	“热”状态	“冷”状态
0.0	+0.91	+0.82	+0.82
0.5	+0.96	+0.85	+0.84
1.0	+0.87	+0.84	+0.65
1.5	+0.16	+0.42	+0.28
2.0	-0.58	-0.12	-0.19

165/70R13 轮胎(负荷和内压分别为 4000N 和 0.23MPa 时)的 $f_{x,r}$ 与胎面胶的滞后损失($K/E^{0.5}$)的关系示于图 1。该关系可用以下经验式描述:

$$f=b+cK/E^{0.5} \tag{3}$$

式中 b ——直线在纵坐标轴上的截距, 等于胎身的滚动损失(即胎面无滞后损失时);

c ——直线倾角正切, 决定着胎面在轮胎滚动损失中的贡献。

显然, b 值亦即胎身的滚动阻力系数(f_s)与胎面胶滞后损失的测定方法无关, 图 2 明显地说明了这一点。由图 2 看出, 用不同仪器和不同负荷条件测得的 $K/E^{0.5}$ 值求出的 f_s 是不变的, 平均值等于 0.0113 ± 0.0004。

当内压和负荷与使用条件相当时, 165/

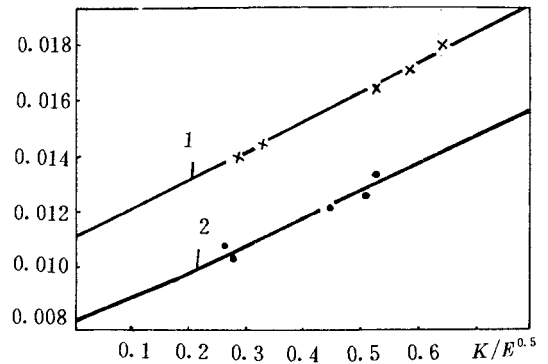


图 1 165/70R13 轮胎的滚动阻力系数($f_{x,r}$)与胎面胶滞后损失($K/E^{0.5}$)的关系
1— f_x (“Инстрон-1122”仪器, 轮胎“打秋千”状况);
2— f_r (ЭДМ 仪器, 70℃)

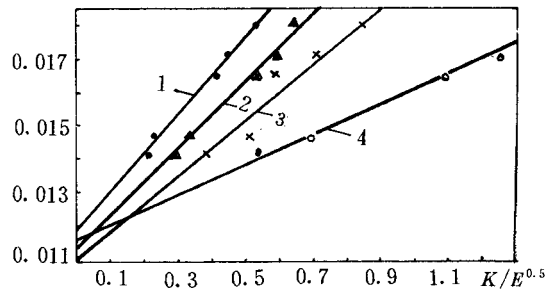


图 2 165/70R13 轮胎的滚动阻力系数(f_x)与用不同仪器测得的胎面胶 $K/E^{0.5}$ 的关系
1—“Инстрон-1122”(正弦条件, 22℃);
2—“Инстрон-1122”(轮胎“打秋千”状况, 22℃); 3—ЭДМ(22℃);
4—KMP-01(22℃)

70R13 轮胎在“冷”和“热”状态下的滚动阻力系数与用“Инстрон”仪器(轮胎“打秋千”的状况)在 22℃下与用 ЭДМ 仪器在 70℃和变形 50%的条件下测得的 $K/E^{0.5}$ 的关系, 可用下列方程式描述:

$$f_x=0.0113+0.010(K/E^{0.5}) \tag{4}$$

$$f_r=0.0081+0.0093(K/E^{0.5}) \tag{5}$$

对其它试验条件来说, 类似的关系式也是正确的。用方程(4)和(5)根据实验室测定弹性滞后性的数据计算 165/70R13 轮胎的滚动阻力系数。

作为例子曾计算了胎面胶为 100%丁苯橡胶的大批生产的 165/70R13 轮胎的 $f_{x,r}$ 。

用 ЭДМ-1 仪器在 70℃ 的温度和 50% 的变形条件下测定的这种胶料的内摩擦模量为 1.19MPa, 动态模量为 3.46MPa。计算的轮胎“热”状态的滚动阻力系数等于 0.0140, 接近于试验数据(0.0134)。

利用方程(4)和(5)可以计算胎面胶的损失(f_{np})在轮胎滚动总损失($f_{ш}$)中所占的比率:

$$f_{np} = \frac{f_{ш} - f_{карк}}{f_{ш}} \cdot 100\%$$

式中 $f_{карк}$ ——胎身滚动损失。

由表 5 可见, 胎面损失在轮胎滚动总损失中所占的比率, “冷”态为 23%—37%, “热”态为 15%—34%。随胎面胶滞后损失的增大, 胎面的损耗比率提高。

表 5 E_s-85 型 165/70R13 轮胎胎面损失在滚动总损失中的比率(Δf)

编号	$K/E^{0.5}$		$\Delta f, \%$	
	22℃	100℃	“冷”状态	“热”状态
1	0.69	0.28	21	18
2	0.54	0.27	19	21
3	1.26	0.51	33	34
4	1.36	0.53	36	33
5	1.09	0.45	30	29

因此, 胎身相同, 仅胎面胶弹性滞后性不同的钢丝带束层轿车子午线轮胎的滚动损失与 $K/E^{0.5}$ 有令人满意的相关性。

译自俄罗斯“Каучук и резина”,
[6], 23(1992)

国内消息

轮胎钢丝帘线热扩散电镀黄铜
生产线通过鉴定

上海钢丝厂与上海自动化研究所联合研制的国内第 1 条轮胎钢丝帘线热扩散电镀黄铜生产线于 1994 年 10 月 7 日通过上海市科委组织的专家鉴定。鉴定认为, 该生产线电控系统技术接近国际先进水平。

热扩散电镀黄铜生产线集热处理、镀前处理、分步电镀铜锌、热扩散等工序于一体。其钢丝收放线采用大盘重工字轮形式, 热处理炉采用先进的 PID 控制电路, 钢丝电镀时采用没有压线角的直线电镀, 电镀电源对铜

丝实行单根、单节控制(单根、单节可调), 热扩散采用可避免打火花的镀铜导电轮, 并可实行距离和电压的单根调节与控制。电镀作业线上各个控制点通过计算机自动地实行参数设置、控制、检索与操作, 通过屏幕显示, 并有报警装置。一旦某根、某段钢丝发生接触不良等故障, 计算机会自动地将电流分布到其它各段, 保证电镀电流的总量, 同时在屏幕上显示故障之所在。

在该生产线的试生产中, 被镀钢丝的金相结构、镀层色泽、镀层厚度等均符合生产要求, 尤其是黄铜镀层中铜锌元素比例的精度可以满足国内所有轮胎厂的要求。

(上海钢丝厂 王棣华供稿)