

半成品试样测定轮胎胶料滚动阻力

张新军,赵 静,陈瑞军

(北京橡胶工业研究设计院,北京 100143)

摘要:研究半成品试样测定轮胎胶料滚动阻力的方法。旋转功率损耗仪是在定负荷状态下测定周期过程中的能量损失,该能量损失与胶料的损耗因子和弹性模量的比值成正比;动态粘弹谱仪是在固定应变状态下测定胶料损耗因子,是一个相对表征,而不是直接测定滚动阻力,胶料的滞后损失与胶料的损耗因子和弹性模量的乘积成正比。试验表明,旋转功率损耗仪测定的能量损失与粘弹谱仪测定的损耗因子与弹性模量的乘积之间有较好的线性相关性。

关键词:轮胎;半成品;滚动阻力;损耗能量;弹性模量;损耗因子

中图分类号:U463.341;TQ330.7 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-8171(2016)09-0564-03

轮胎滚动阻力是指轮胎在路面上滚过单位距离所消耗的能量。其中90%~95%由内部滞后损失引起,2%~10%由轮胎与地面间摩擦引起的滑移导致,1.5%~3.5%由轮胎转动空气阻力引起^[1]。

轮胎滚动阻力每降低10%,轿车可节油1.2%,载重汽车可节油约4%。因此降低轮胎滚动阻力具有环保节能性^[1]。

滚动阻力的测试分为道路试验和室内试验。道路试验主要包括滑行车法、牵引法和功率法,是非稳态试验,重复性不高。室内试验有间接测量法和直接测量法。室内试验方法可以模拟使用条件,试验周期短,条件可控,重复性好。

滚动阻力的影响因素很多,除去外部因素(如充气压力、负荷、速度、环境温度、路面情况等)以及轮胎本身结构设计因素(如轮胎结构、规格、质量、轮辋直径、断面高宽比、胎面花纹等),轮胎的配方设计也是一个重要因素。胎面胶料的滞后损失占整个轮胎的50%甚至更多。胎面材料的选用以及配方设计对轮胎的滚动阻力影响很大。道路试验以及室内转鼓试验均需要使用成品轮胎。采用制造成品轮胎的方式单纯评价轮胎用胶料中各组分对滚动阻力的影响,费用昂贵,试验周期长,且其他各种不可预知影响因素会影响试验的准确性。因此,出现了许多用胶料半成品评价轮胎滚动阻力的试验方法:如用粘弹谱仪测定材料的损

耗因子($\tan\delta$)或用旋转功率损耗仪测定胶料的滚动损失等方式表征材料的滚动阻力或滞后损失大小。

一般选用10 Hz条件测定的60 °C时的 $\tan\delta$ 值表征轮胎的滚动阻力,但其却无法定量测定滚动阻力。旋转功率损耗仪是直接测量法中的测功率法。两种测试方法的试验结果相关性已经有研究人员进行了对比研究^[2]。研究结果认为直接用功率损失表示滚动阻力需要考虑动态变形因素的影响,而单位动态变形下的功率损失与粘弹谱中60 °C的 $\tan\delta$ 值具有良好的相关性。本工作将在此基础上从机理上进行试验和探讨。

1 实验

1.1 原材料及配方

所用原材料均为市售常见产品。

试验配方:溶聚丁苯橡胶(SSBR)/顺丁橡胶(BR) 100,补强填料 75,操作油 20,活性剂 5,防老剂 4.7,偶联剂 5,硫化体系 2.7,其他 4。生胶为不同牌号的SSBR和BR9000,配方编号分别为GZ-1—GZ-5。

1.2 试验仪器及条件

EPLEXOR500N型动态热机械分析仪(粘弹谱仪),德国GABO公司产品,试验条件为:频率 10 Hz,振幅 0.5%,温度范围 -70~+100 °C,升温速率 3 °C·min⁻¹;室内滚动阻力试验仪,北京万汇一方公司产品,转速为6.67 Hz(400 r·min⁻¹),负荷为30 kg。

作者简介:张新军(1975—),男,山东高密人,北京橡胶工业研究设计院高级工程师,硕士,主要从事橡胶配方与工艺设计研究。

2 结果与讨论

在循环应力应变过程中单位周期的胶料滞后损失(L)可以采用如下公式计算:

$$L = \pi F S \sin \delta \quad (1)$$

式中, F 为应力或负荷, $F = SE^*$, E^* 为胶料复合模量; S 为应变或变形, δ 为滞后角度, $\tan \delta = E''/E'$, E'' 为粘性模量或损耗模量, E' 为弹性模量或储能模量,在轮胎使用温度的高弹态条件下,弹性模量与复合模量相差不大。

在定负荷条件下,式(1)演变如下:

$$L = \pi F S \sin \delta = \pi F F / E' \sin \delta = \pi F^2 \tan \delta / E' \propto \tan \delta / E' \quad (2)$$

在固定负荷下,模量高的胶料其变形量较小,因此即时输入能量较小。

在恒定应变条件下,式(1)演变如下:

$$L = \pi F S \sin \delta = \pi S S E^* \sin \delta \approx \pi S S E' \tan \delta \propto E' \tan \delta \quad (3)$$

在固定应变下,模量较高的胶料需要加载较大的负荷,因此即时输入能量较大。

而对于恒定能量输入时 $L \propto \tan \delta$ 。

从以上推导可以看出,在不同的试验条件下,能量损失或者说滚动阻力不仅与 $\tan \delta$ 线性相关,在定负荷或定应变的情况下,还分别与弹性模量成比例关系。旋转功率损耗仪和粘弹谱仪测定分别对应定负荷和定应变情况。因此,两种试验仪器测定的结果有所不同是完全可能的。

室内滚动阻力试验仪测定的并不是弹性模量,而是变形量,而模量是保持形状的能力,可以认为是变形量的反向。因此可以大致认为, $\tan \delta \propto L E' \propto L/S$ 。从以上分析可以看出,采用旋转能量损耗仪测定的功率损失值与动态变形的比值,与粘弹谱仪测定的损耗因子成正比关系。分别用动态粘弹谱仪和功率损耗仪对胶料进行测定,计算 L/S 和 $E' \tan \delta$,结果见表1。

表1 胶料滚动阻力测定结果

项 目	GZ-1	GZ-2	GZ-3	GZ-4	GZ-5
变形值/mm	3.19	3.53	3.3	3.33	3.05
功率损耗值/($J \cdot r^{-1}$)	4.37	3.68	3.83	3.6	3.61
L/S	1.370	1.042	1.161	1.081	1.184
60 °C下 $\tan \delta$	0.180	0.126	0.124	0.120	0.124
E'/MPa	10.731	5.399	5.799	5.100	6.119
$E' \tan \delta / MPa$	1.930	0.679	0.719	0.611	0.758

分别将60 °C下 $\tan \delta$ 与 L/S 、 $E' \tan \delta$ 与功率损耗值作图并线性回归,结果见图1和2。从图1和2可以看出, $E' \tan \delta$ 与功率损耗值之间线性相关性较好,线性相关因数达到0.90,而60 °C下 $\tan \delta$ 与 L/S 之间的线性相关因数只有0.72,考虑到模量与变形量并不是线性反比关系,其线性相关性较差也易于理解。旋转功率损耗仪测定的功率损失(滚动阻力)与动态粘弹谱仪测定的滚动阻力(损耗因子)之间确实有一定的线性关系,但是二者的测定分别对应于不同的使用条件。因此,应根据橡胶制品的使用条件选择对应的测定仪,定负荷使用条件应选择旋转功率损耗仪,而在定应变条件下应选择动态粘弹谱仪。如设备受限,可以根据模量进行一定的修正。

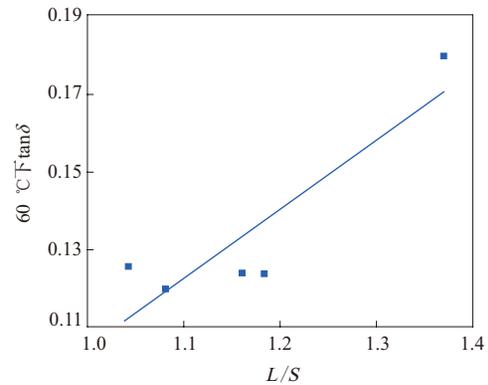


图1 60 °C下 $\tan \delta$ 与 L/S 的关系曲线

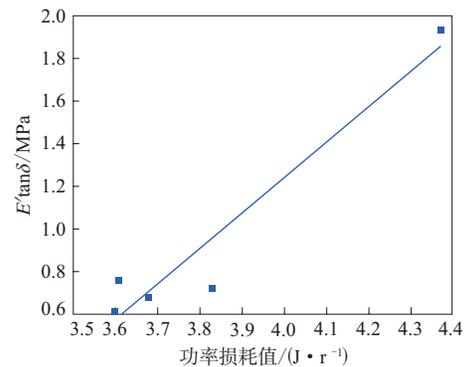


图2 $E' \tan \delta$ 与功率损耗值的关系曲线

3 结论

实验室内对橡胶半成品试样进行滚动阻力测定,旋转功率损耗仪是在定负荷状态下测定周期过程中的能量损失,该能量损失与胶料的损耗因

子和弹性模量的比值成正比;动态粘弹谱仪是在固定应变状态下测定胶料损耗因子,是一个相对的特征,而不是直接测定滚动阻力,胶料的滞后损失与胶料的损耗因子和弹性模量的乘积成正比。二者有所不同。旋转功率损耗仪测定的能量损失与粘弹谱仪测定的损耗因子与弹性模量的乘积之间有较好的线性相关性。而旋转功率损耗仪测定的能量损失与动态变形比值与60℃下 $\tan\delta$ 之间的

线性相关性相对较差。

参考文献:

- [1] 何燕,张忠富. 轮胎滚动阻力影响因素及测试方法[J]. 轮胎工业, 2004,24(4):238-241.
- [2] 李花婷,颜晋钧,陈宏,等. 轮胎滚动阻力测试方法研究[J]. 轮胎工业,2007,27(3):180-183.

收稿日期:2016-03-20

奔达可扩大用于驱动轮胎胎面产品供应

中图分类号:TQ336.1+6 文献标志码:D

美国《现代轮胎经销商》(www.moderntiredealer.com)2016年6月14日报道:

普利司通美洲公司推出两款新的奔达可翻新胎面,其花纹设计特点是平衡性能与承受能力。

普利司通声称,奔达可DR5.3和DR4.3翻新胎面是为驱动应用设计的,有助于实现长使用寿命和长期价值,适用于整车、零担(LTL)和采运(P & D)车队。

DR5.3翻新胎面(见图1)采取了排石子设计,有助于防止石子钻进胎面。



图1 DR5.3翻新轮胎

普利司通商业集团负责奔达可产品营销的经理Ben Rosenblum说:“奔达可以高质量的翻新胎面领导市场,致力于通过先进的胶料和胎面设计技术为车队客户实现最低的行驶成本。随着DR5.3和DR4.3翻新胎面的推出,加上2015年底推出的TR4.1拖车胎面花纹,我们已经实现了令人信服的性能和承受能力间的平衡,所有产品均采用高品质的翻新工艺,这已经成为奔达可近60年来的标志。”

奔达可DR5.3翻新胎面封闭的胎肩驱动花纹在道路上的应用特点如下:

- *坚固、坚实的胎肩提供了长胎面寿命和均匀磨损;
- *粗壮的花纹块赋予强大的牵引性能;
- *专利技术胶料有助于提高耐久性能和耐磨损寿命。

DR4.3翻新胎面(见图2)的特点是宽大的中央条形花纹赋予轮胎稳定性能和均匀磨损性能。



图2 DR4.3翻新轮胎

DR4.3翻新胎面开放的胎肩驱动花纹满足多样需求,其轻度越野应用特点如下:

- *开放的胎肩使轮胎在恶劣天气条件下具有强大的排水性能、牵引性能以及抓着性能;
- *专利技术胶料有助于长期均匀磨损以及耐久性能。

如奔达可DR4.1胎面花纹适用于拖车领域一样,DR5.3和DR4.3翻新胎面与整车、LTL和P & D业务常用胎体规格相匹配。

奔达可DR5.3和DR4.3翻新胎面已经上市,可以在遍布美国和加拿大各地的奔达可经销商处购买。

(赵敏摘译 吴秀兰校)