

轮胎印痕控制参数的研究

高明,侯波,于飞,荣英飞,赵书凯

(三角轮胎股份有限公司,山东威海 264200)

摘要:采用 Tekscan 压力测试系统及其软件对轮胎印痕形状及接地压力分布进行测试,总结出轮胎印痕控制参数及评价方法。轮胎印痕形状控制参数主要包括矩形率、中轴控制、面积控制、肩部沉降和对称性控制等,通过各参数计算结果判定轮胎性能优劣;轮胎接地压力控制是将印痕分为肩部区域、胎冠中心区域等,根据各区域相对压力和相对负荷计算结果判定压力分布是否合理。

关键词:轮胎;有限元;印痕;控制参数

中图分类号:TQ336.1;O241.82

文献标志码:B

文章编号:1006-8171(2013)03-0146-05

轮胎是汽车最重要的部件之一,对汽车的行驶性能如操纵稳定性、舒适性、安全性和平顺性以及燃油经济性等都具有重要影响。随着汽车工业的发展以及消费者对车辆要求的提高,轮胎特性研究引起轮胎企业和技术人员的重视^[1-3]。

车辆的承载、导向、加速、驱动和制动以及行驶等性能主要通过轮胎与路面之间的相互作用来实现,因此研究轮胎与路面之间的接触问题成为轮胎设计过程中必须考虑的因素,而这种接触又主要通过轮胎的接地印痕来体现。轮胎印痕的形状、接地压力分布及印痕内的应力分布等是否合理,直接影响轮胎综合性能和车辆性能的发挥。目前国内轮胎企业在产品设计过程中主要通过静负荷试验对轮胎印痕进行拓印,得到轮胎印痕形状,而设计人员得到的印痕信息量很有限,只能对拓印印痕的形状及尺寸等参数进行简单的主观判断,无法提取更为重要的接触压力分布和负荷等控制参数。

随着计算机及传感器和装备技术的发展,使对轮胎印痕进行更为精确的控制成为可能。通过计算机仿真和轮胎动态印痕试验机可以得到轮胎静态和动态下的印痕并方便地提取各种控制参数。使用压力毯也可以得到轮胎静态印痕和低速下的动态印痕,但不能得到除了垂直方向以外方向的相关参数。本工作使用 Tekscan 压力分布测试

系统对轿车及全钢载重子午线轮胎印痕进行研究。

1 设备简介

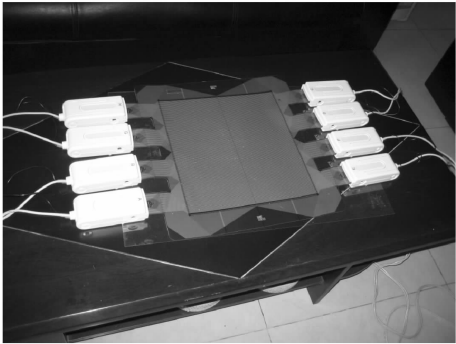
图1所示为 Tekscan 压力分布测试系统(美国 Tekscan 公司产品)及其处理软件界面。传感器材质为聚酯薄膜,其内部包含了许多横/纵相间的半导性材料,当施加负荷时,这些材料会改变电阻值,利用电子扫描测量每个感应点的阻值变化,便能够获得压力、时间以及作用区域等信息。仪器工作条件:系统型号 T-Scan8050,传感器尺寸 1.02 mm×1.02 mm,间距 1.52 mm,测量压力范围 0~2.067 MPa,最大负荷 106 452.5 N。使用时只需将轮胎压在传感器上,就可以实时了解轮胎的压力分布情况,分析轮胎在不同负荷下的压力分布及印痕的变化、压力峰值分布、平均压力、海路比和接触面积等信息。

Tekscan 压力分布测试系统自带的软件为用户提供了功能强大的分析能力,move record 功能可实时动态显示轮胎在加载过程中的接地压力变化情况,并读取任意加载时间的数据,包括对印痕形状、压力大小和接地面积等信息的即时分析。图1(b)示出了加载完成后的接触压力分布情况及不同印痕之间的接地面积对比。

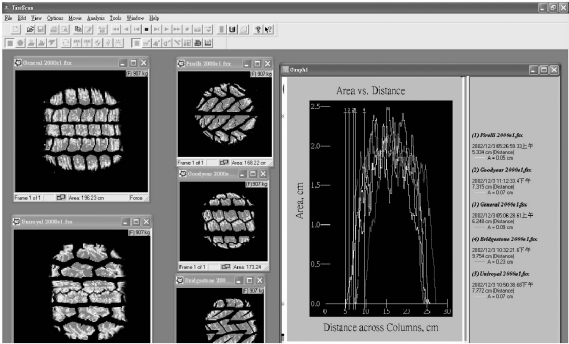
2 轮胎印痕形状控制参数

2.1 相关参数规定

轮胎接地印痕形状控制参数主要用来控制轮



(a)测试系统



(b)处理软件界面

图 1 Tekscan 压力分布测试系统及其处理软件界面

胎印痕的形状,图 2 所示为不同花纹类型的轮胎静态印痕外形参数的相关规定,所有参数均为长度单位。图 2 中主要示出了只有曲折花纹纵沟的花纹形式,对于块状花纹或其他形式的花纹可依

据肩部或冠部花纹块来区分参数, W 表征印痕宽度方向的参数, X,Y 和 Z 表征印痕纵向的控制参数,参数的规定也可根据花纹类型或者公司的实际情况灵活应用。

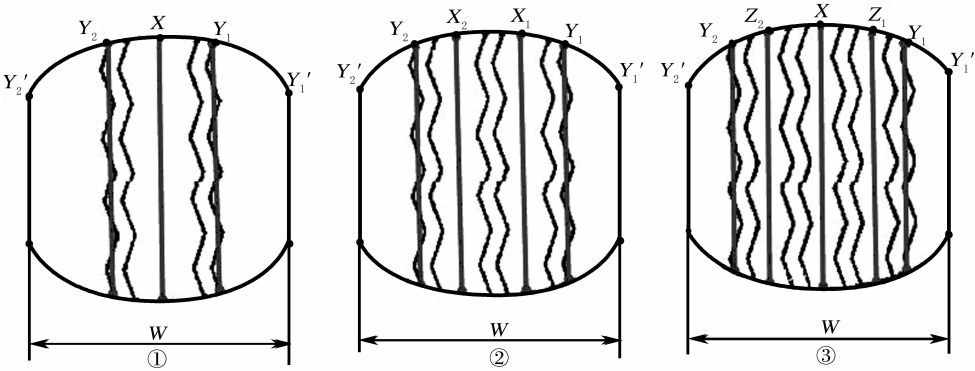


图 2 轮胎静态印痕外形控制参数的规定

2.2 外形控制参数的定义

轮胎静态印痕外形控制参数的定义如表 1 所示。

表 1 轮胎静态印痕外形控制参数的定义

控制参数	花纹类型		
	①	②	③
矩形率(L_s)	$\frac{2X}{Y_1+Y_2}$	$\frac{X_1+X_2}{Y_1+Y_2}$	$\frac{2X}{Y_1+Y_2}$
中轴控制(L_M)			$\frac{2X}{Z_1+Z_2}$
面积控制(A)	$\frac{A_C^{1D}}{XW}$	$\frac{2A_C}{(X_1+X_2)W}$	$\frac{A_C}{XW}$
肩部沉降(S_D)	$\frac{Y_1}{Y_1'}, \frac{Y_2}{Y_2'}$	$\frac{Y_1}{Y_1'}, \frac{Y_2}{Y_2'}$	$\frac{Y_1}{Y_1'}, \frac{Y_2}{Y_2'}$
对称性控制(S_Y)	$\frac{Y_1Y_2'}{Y_1'Y_2}$	$\frac{Y_1Y_2'}{Y_1'Y_2}$	$\frac{Y_1Y_2'}{Y_1'Y_2}$

L_s 主要用于控制轮胎印痕的总体形状, L_s 越接近 1,轮胎印痕的形状越接近矩形。当 L_s 小于 1 时,表明轮胎冠部的接地平均长度小于两个胎肩接地平均长度,参数越小,冠部接地形状越接近凹陷形状,印痕近似呈蝴蝶形,此时轮胎虽然转弯时的操控性能相对较好,但直线行驶性能较差,同时会导致轮胎肩部的快速磨损;当 L_s 远大于 1 时,轮胎接地印痕近似呈椭圆形,此时轮胎直线行驶性能良好,承载能力强,但轮胎转弯时的操控性能不佳,并可能导致轮胎冠部的磨损现象。因此合理控制 L_s ,对于轮胎的行驶性能和操控性能具有重要意义。

L_M 主要用于控制轮胎接地印痕在印痕中心位置的形状,影响轮胎的直线行驶性能及操纵稳定性等。根据经验,轮胎设计中的胎冠弧及带束

注:1) A_C 为接地面积。

层结构对 L_M 有很大影响。

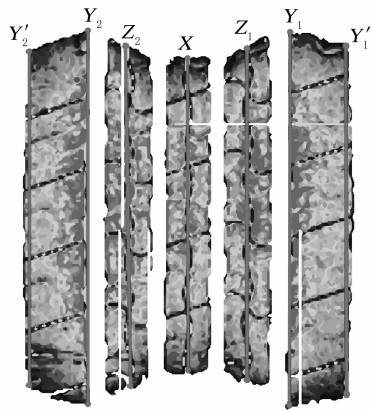
A 主要用于控制轮胎接地印痕的面积比,是轮胎实际接地面积与印痕宽度同印痕长轴乘积的比值,该参数对轮胎的磨耗性能、抓地性能、舒适性和操控性能有影响。

S_D 主要用于控制轮胎印痕在胎肩位置的形状,影响肩部性能,特别对于具有 0° 带束层结构的轮胎,更应该加以关注,同时 S_D 对轮胎的高速及肩部耐久性能有一定影响。

S_Y 主要用于保证印痕形状的对称性,主要与轮胎的生产工艺过程相关,设计因素不影响该控制参数,轮胎印痕的对称性影响轮胎的磨耗、动平衡、均匀性及轮胎的直线行驶性能。

2.3 外形控制参数实例

图3所示为我公司某规格全钢载重子午线轮胎第1轮试制后的轮胎印痕形状,Tekscan 系统中提取的外形控制参数见表2。目标值的设定根据公司自身特点及产品市场定位、花纹块形式和试验数据积累等综合考虑。由表2可以看



$X=182\text{ mm}, Z_1=190\text{ mm}, Z_2=195\text{ mm}, Y_1=217\text{ mm},$
 $Y_2=215\text{ mm}, Y_1'=202\text{ mm}, Y_2'=198\text{ mm}, W=191\text{ mm},$
 $A_C=28\ 094\text{ mm}^2$ 。标准充气压力和负荷。

图3 某规格全钢载重子午线轮胎第1轮试制轮胎印痕

表2 某规格轮胎第1轮试制外形控制参数

控制参数	测量值	目标值 ¹⁾
L_S	0.84	0.98~1.08
L_M	0.95	
A	0.81	
S_D	1.07,1.09	1.02~1.12
S_Y	0.98	0.98~1.02

注:1)仅供参考。

出,该印痕的 L_S 远远小于目标值范围,视为典型的蝴蝶形印痕,需要进一步地完善和改进,其他外形控制参数均在可接受范围之内。

3 轮胎接地压力控制

轮胎接地压力控制与轮胎的外形控制参数应综合考虑,共同完成对轮胎印痕的整体控制,在此主要探讨轮胎接地印痕的负荷分担、断面压力分布及肩部的压力控制等参数。

3.1 负荷及压力分担

3.1.1 相关参数规定

图4所示为用于负荷控制的相关参数规定,SH代表轮胎印痕在肩部的区域,C代表轮胎印痕在胎冠中心的接地区域,肩部与胎冠中心之间的区域以IMC代表。

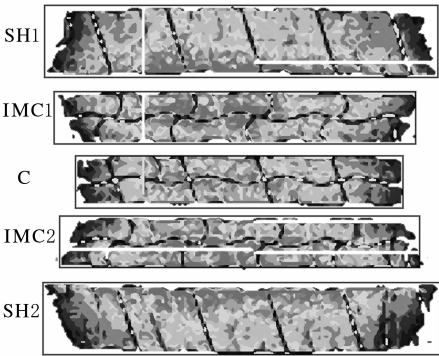


图4 负荷分担控制中的相关参数规定

3.1.2 参数定义

表3所示为某规格轮胎印痕各部位的提取参数,数据均在 Tekscan 压力分布测试系统自带的软件中进行提取。由表3可见,将印痕在胎冠中心位置的相对负荷和相对压力定义为1,2个胎肩位置的相对负荷分别高达1.608和1.577,表明该规格轮胎在胎肩部位承受了较大的负荷和压力。

表4所示为负荷及压力控制参数的定义及数值,SH/IMC用于对比胎肩同胎肩与胎冠中心之

表3 某规格轮胎印痕及压力参数提取

区 域	平均压力/MPa	负荷/N	相对压力	相对负荷
SH1	0.891 5	6 398.5	1.048	1.608
IMC1	0.919 3	4 325.1	1.080	1.087
C	0.851 1	3 979.5	1	1
IMC2	0.927 3	4 644.6	1.090	1.167
SH2	0.884 4	6 276.8	1.039	1.577

表 4 负荷及压力控制参数的定义及数值

参数	公式	平均压力/MPa	负荷/N	相对压力	相对负荷
SH	$\frac{SH1+SH2}{2}$	0.888 0	6 337.65	1.044	1.593
IMC	$\frac{IMC1+IMC2}{2}$	0.923 3	4 484.85	1.085	1.127
总量		0.894 7 ¹⁾	25 624.5 ²⁾		
$\frac{SH}{IMC}$		0.962	1.413		
$\frac{SH}{C}$		1.043	1.593		
$\frac{IMC}{C}$		1.085	1.127		

注:1)所有印痕区域的平均压力;2)各区域负荷之和。

间花纹块的压力及负荷承受情况,SH/C 用于对比肩部与胎冠中心位置压力和负荷的承受情况。一般来说,轮胎的接地压力分布越均匀,从胎冠到胎肩位置接地压力分布的梯度分配合理,轮胎的磨损等性能就越好,也就是轮胎印痕不同位置合理地承受轮胎的负荷及压力。由表 4 可以看出,胎肩位置与胎冠中心位置负荷比达到 1.593,与 IMC 位置的负荷比为 1.413,胎肩承受的压力最大。该印痕轮胎肩部较胎冠位置承受了较大的压力和负荷,可能造成轮胎肩部的快速磨损及不规则磨损,视为不合理的接地压力分布。

3.2 接地面断面压力分布的控制

图 5 所示为公司某规格全钢载重子午线试验轮胎在标准充气压力及负荷下的断面接地压力分布。由图 5(b)可以看出,断面内接地压力分布很不均匀,压力峰值出现在胎肩花纹块的内侧位置,且胎肩位置接地压力的变化梯度较大,从最大的 1.7 MPa 左右骤降到 0.7 MPa,视为不均匀的梯度变化。轮胎胎冠中心平均接地压力最小,因此该类型的接地压力会导致轮胎肩部的快速磨损和不规则磨损的产生,视为一种非常不合理的压力分布形式。

3.3 轮胎肩部压力平衡的控制

除了研究轮胎整个印痕接触面内的压力及负荷的控制之外,在此将轮胎胎肩位置的压力控制作重点阐述。轮胎肩部压力平衡的控制主要针对轮胎印痕在肩部区域的压力平衡控制,国外一般采用肩部压力平衡系数对肩部的压力进行考评和控制。图6所示为轮胎印痕肩部压力平衡系数中

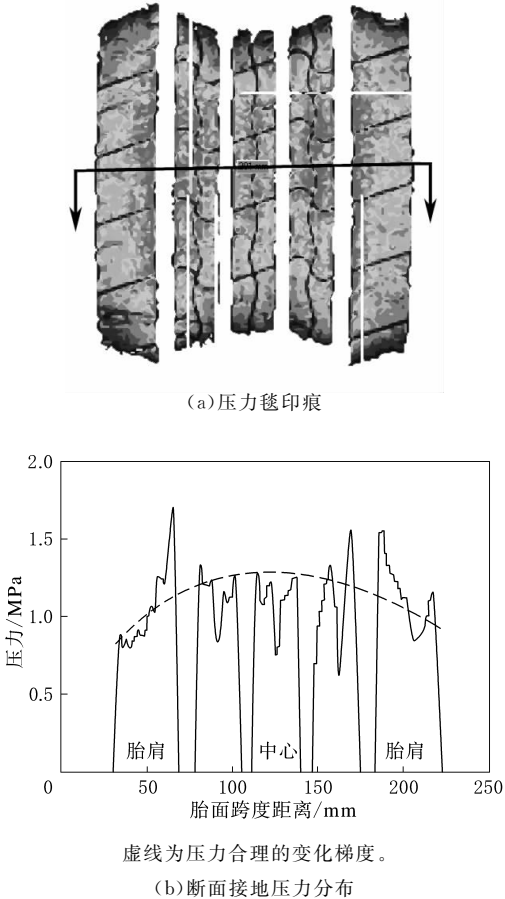


图 5 某全钢载重子午线轮胎接地印痕及断面接地压力分布

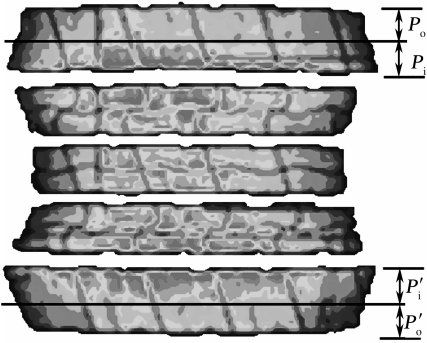


图 6 轮胎印痕肩部压力平衡控制参数规定

各参数的规定,其中的 P_o, P_o', P_i, P_i' 分别为肩部对应区域的平均压力,肩部压力平衡系数(H)的控制公式如下:

$$H = \frac{P_o + P_o'}{P_i + P_i'}$$

根据不同轮胎规格及使用情况,轮胎 H 不同,一般将 H 控制在 0.95~1.1 范围内,称为均匀磨损区域,将 H 小于 0.95 的区域称为快速磨

肩区域。图7所示为某规格轮胎在充气压力840 kPa、不同负荷下的 H 。由图7可见,该规格轮胎的负荷从14.7 kN增加到24.5 kN时的 H 始终处于快速磨肩区域,表明该规格轮胎在上述工况下出现了肩部快速磨损的情况。

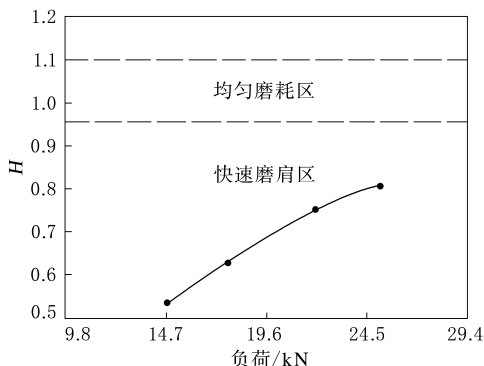


图7 某轮胎不同负荷下的 H

4 结语

国外轮胎企业经过多年的发展和积累,针对不同的市场及轮胎规格建立了有针对性的轮胎印

痕控制参数数据库。在轮胎设计阶段通过仿真技术对轮胎印痕进行前期控制,在后续试验及路试过程中再加以完善和改进,最终形成自己独特的轮胎印痕控制理论。国内轮胎企业可以根据自身特点尽快开展轮胎印痕控制参数的研究,在业内已成熟产品的基础上通过计算机仿真和试验相结合的手段建立自己的参数数据库,完成原始数据积累。我们应该摆脱仅靠设计人员的经验和主观判定对轮胎印痕进行评价的思路,通过建立参数控制数据库的方式实现轮胎印痕控制的标准化,提高轮胎性能。

参考文献:

- [1] 戴元坎,俞洪. 轮胎接触问题的分析与研究[J]. 轮胎工业, 1997,17(3):136-147.
- [2] 高明,冯希金,丁海峰,等. 205/55R16 轿车子午线轮胎结构有限元分析[J]. 轮胎工业,2008,28(6):334-337.
- [3] 王碧玉,吴桂忠. 制动过程中轿车子午线轮胎的接触力学性能研究[J]. 轮胎工业,2008,28(8):451-462.

第17届中国轮胎技术研讨会论文

Study on Control Parameters of Tire Footprints

GAO Ming, HOU Bo, YU Fei, RONG Ying-fei, ZHAO Shu-kai

(Triangle Tire Co., Ltd, Weihai 264200, China)

Abstract: The tire footprint shape and contact pressure distribution were tested by using Tekscan pressure test system, and the control parameters and evaluation method of tire footprint were established. The control parameters included rectangular ratio, axis control, area control, shoulder settlement and symmetry control, and the tire performance was graded through the calculated results from the parameters. In the tire contact pressure control, the footprint was divided into different sections, for example, the shoulder area, tread central area and so on; and then the pressure distribution was evaluated based on the calculated relative pressure and load of those sections.

Key words: tire; finite element; footprint; control parameter

一种可自动修补的轮胎

中图分类号: TQ336.1⁺9 文献标志码: D

由李俊森申请的专利(公开号 CN 202573666U, 公开日期 2012-12-05)“一种可自动修补的轮胎”, 涉及的可自动修补的轮胎内按照常规方法充满自动充气补胎灭火液, 车辆在行驶过程中一旦轮胎被扎破, 自动修补轮胎, 完全有

别于手工补胎或机械补胎的传统方法, 人人均可操作。该可自动修补的轮胎补胎能力强, 能够很好地填补小至微细孔大至直径6 mm的孔洞, 且修补迅速、操作简便、成本低廉, 对有无内胎的各类充气橡胶轮胎同样适用, 可预防紧急事故, 修补后的轮胎密封性能好, 还具有无环境污染的优点。

(本刊编辑部 马 晓)