

SUV 轮胎胎冠异常磨损机理研究及改善

陈 云¹,任传胜²,肖 嵩¹

[1. 佳通轮胎(中国)研发中心,安徽 合肥 230601;2. 中国科学技术大学 精密机械与精密仪器系,安徽 合肥 230027]

摘要:对SUV轮胎胎冠异常磨损机理进行研究及改善。胎冠异常磨损产生的根本原因是纵向花纹块(RIB)刚度在胎冠上面内外侧分布不对称以及胎冠中间RIB刚度相对于RIB2(从中间往外第2条RIB)明显过大或过小;RIB刚度分布呈“W”状,即中间RIB大于RIB2但小于最外侧RIB有利于改善胎冠异常磨损,依据此形状调整RIB后,轮胎没有出现异常磨损现象,整体磨耗均匀,达到了改善轮胎胎冠异常磨损的效果。

关键词:SUV轮胎;胎冠;异常磨损;有限元分析

中图分类号:U463.341⁺.6;O241.82 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-8171(2018)0- -07

轮胎异常磨损的产生主要集中在两个方面,一方面是在保证轮胎自身品质的基础上其他使用条件(如车辆、路况、不良使用)导致,这些可以通过修正轮胎使用条件进行改善;另一方面是轮胎自身设计导致,也就是规避其他所有外在使用条件的基础上仍然出现异常磨损的现象^[1],这需要重新对轮胎进行设计修正来改善。目前,第2个方面的研究仅限于轮胎企业、高校、研究所等机构,主要是针对橡胶力学、胶料物理性能、轮胎刚性和轮胎结构等方面,通过有限元和三维模拟软件进行分析,最后采用改善方案,并通过实车测试进行验证。

胎冠花纹设计对轮胎的磨损状态和使用寿命有直接的影响,也是轮胎产品设计的重要内容。本工作以SUV轮胎胎冠花纹设计为背景,主要对SUV轮胎胎冠异常磨损机理进行研究及改善。

1 胎冠异常磨损现象

实际路试中测试车辆及路况:丰田霸道,柏油路+水泥路。

分析方式:针对不同轮胎的1[#]—4[#]花纹沟(见图1)进行平均磨耗对比。实际路试结果如表1所示。从表1可以看出,方案A,B,C和D轮胎都存在不同程度的异常磨损现象,即中间磨损程度远大

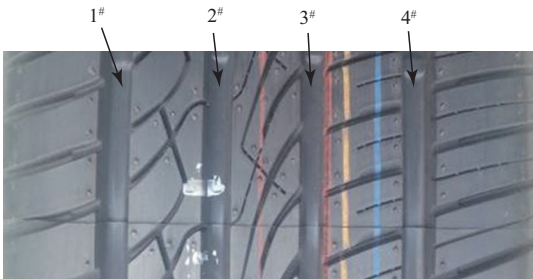


图1 1[#]—4[#]花纹沟示意(从轮辋外侧到内侧的方向)

表1 1[#]—4[#]花纹沟平均磨耗对比

方案编号	单位磨耗行驶里程/(km·mm ⁻¹)			
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]
A	7 471	5 102	5 217	9 740
B	15 580	6 253	6 167	1 1324
C	6 503	3 676	3 578	8 343
D	9 645	6 027	5 797	9 178

于两侧肩部,呈明显的哑铃状。

2 机理分析

经过分析确定,花纹样式、花纹沟和钢片都是按照优化方式进行设计的,符合设计目标要求,因此需要从试验结果分析异常磨损的原因。本工作从与轮胎磨损有直接关系的轮胎接地印痕和花纹刚度进行分析。

2.1 接地印痕

2.1.1 接地印痕形状对性能影响

轮胎接地印痕形状基本上可以分为3种情况,即圆形、均匀和凹形,如图2所示。圆形、均匀和凹

作者简介:陈云(1983—),男,安徽灵璧县人,佳通轮胎(中国)研发中心工程师,硕士,主要从事轮胎结构设计工作。



(a) 圆形



(b) 均匀



(c) 凹形

图2 轮胎接地印痕形状示意

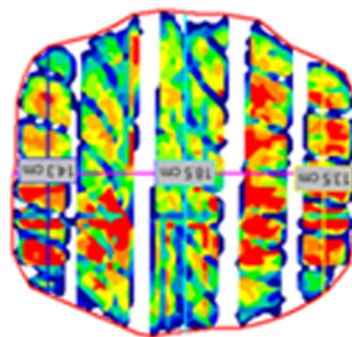
形接地印痕的矩形率分别为 <0.85 , $0.85\sim0.95$ 和 >0.95 。从产品设计考虑,需要最大化地保证轮胎接地印痕矩形率在 $0.85\sim0.95$ 之间。

2.1.2 接地印痕尺寸

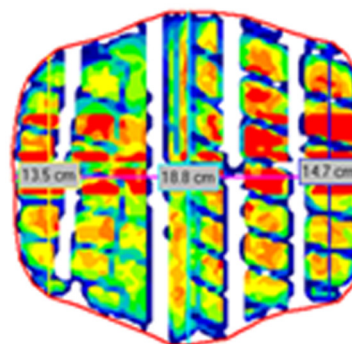
方案A,B,C和D轮胎的接地印痕形状如图3所示。

首先分析方案A,B,C和D轮胎的接地印痕形状差异^[2],即尺寸差异,结果如表2所示。

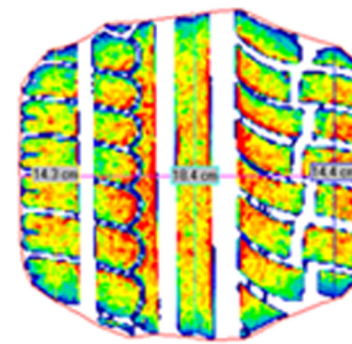
由表2可以得出以下结论(主要分析矩形率):



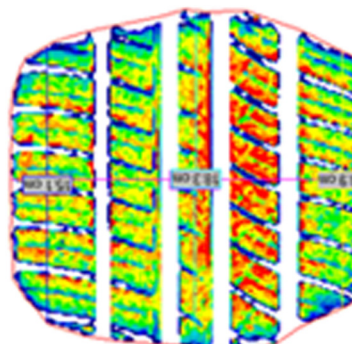
(a) 方案A



(b) 方案B



(c) 方案C



(d) 方案D

图3 方案A,B,C和D轮胎的接地印痕示意

表2 方案A,B,C和D轮胎的接地印痕形状差异

项 目	方案A	方案B	方案C	方案D
充气压力/kPa	340	340	340	340
负荷/kN	1 030	1 030	1 030	1 030
长轴长度/cm	18.5	18.8	18.4	18.3
短轴长度/cm	19.8	19.5	19.7	19.8
总面积/cm ²	317.36	309.37	319.68	321.68
有效接地面积/cm ²	245.17	242.85	223.8	235.72
面积比/%	77.25	78.5	70.01	73.28
矩形率/%				
左侧	73.0	71.8	77.7	76.0
右侧	77.3	78.2	78.3	82.5
平均	75.2	75.0	78.0	79.0
外周长/mm	2 341	2 341	2 341	2 343
下沉量/mm	35.3	34.4	33.6	34.3

方案A,B,C和D轮胎的矩形率都小于0.85,明显处于圆形状态下,即存在轮胎冠部异常磨损的风险;平均矩形率有一定的差异,这可能与轮胎采用了非对称花纹(海陆比内外侧不同)有关,说明即使非对称花纹也最好保证内外侧的海陆比近似,以规避异常磨损风险。

此外,方案A,B,C和D轮胎的接地印痕形状都不是理想的圆形,而这正是异常磨损发生的高风险因素,这种形状的产生主要有两方面因素,一是冠部花纹块应力太大,二是冠部花纹块刚度太大。

2.1.3 接地印痕应力分析

根据图3分析接地印痕应力分布,可以得出如下结论:

- (1) 方案C和D轮胎接地印痕应力主要集中在中间花纹块上面;
- (2) 方案A和B轮胎接地印痕应力要集中在肩部花纹块上。

由此可知:根据接地印痕的应力分布并不能有效判断出哪个部位会发生异常磨损;方案A和B轮胎中间花纹块较大,但应力反而最小;方案C和D轮胎中间花纹块较小,但应力却是最大。花纹刚度也许是导致这种现象的主要因素。

2.2 花纹刚度

2.2.1 纵向花纹块(RIB)刚度

轮胎行驶时主要受到横向、纵向、径向和扭转4种刚度的影响,在接地面上主要受花纹块的刚度匹配影响。轮胎受力和橡胶剪切变形分别如图4和5所示。

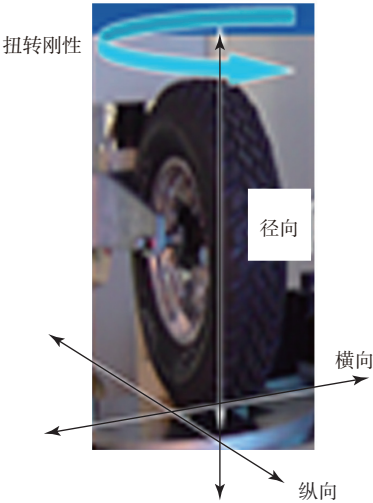
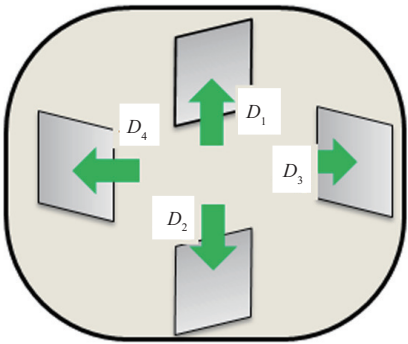


图4 轮胎受力示意



D₁,D₂,D₃和D₄代表4个方向。

图5 橡胶剪切变形示意

通过对橡胶刚度和运动分析,可以利用刚度分析软件针对轮胎花纹RIB^[3]进行分析以验证刚度对轮胎磨损的影响。

2.2.2 异磨产品花纹刚度

采用公司自行设计的分析工具,对之前开发并产生异磨现象的轮胎进行应用验证以便找出规律及各RIB分布状态。

各RIB刚度分布关键指数如表3所示,方案A,B,C和D轮胎的刚度分布如图6所示。

虽然刚度分析的分布状态与接地印痕形状不

表3 RIB刚度分布关键指数

方案	是否对称	两侧高	中间大	分布形状	异磨情况
A	否	否	是(最大)	无	差
B	否	是	是(最大)	无	差
C	否	是	否(最小)	无	差
D	是	是	否(最小)	V形	差

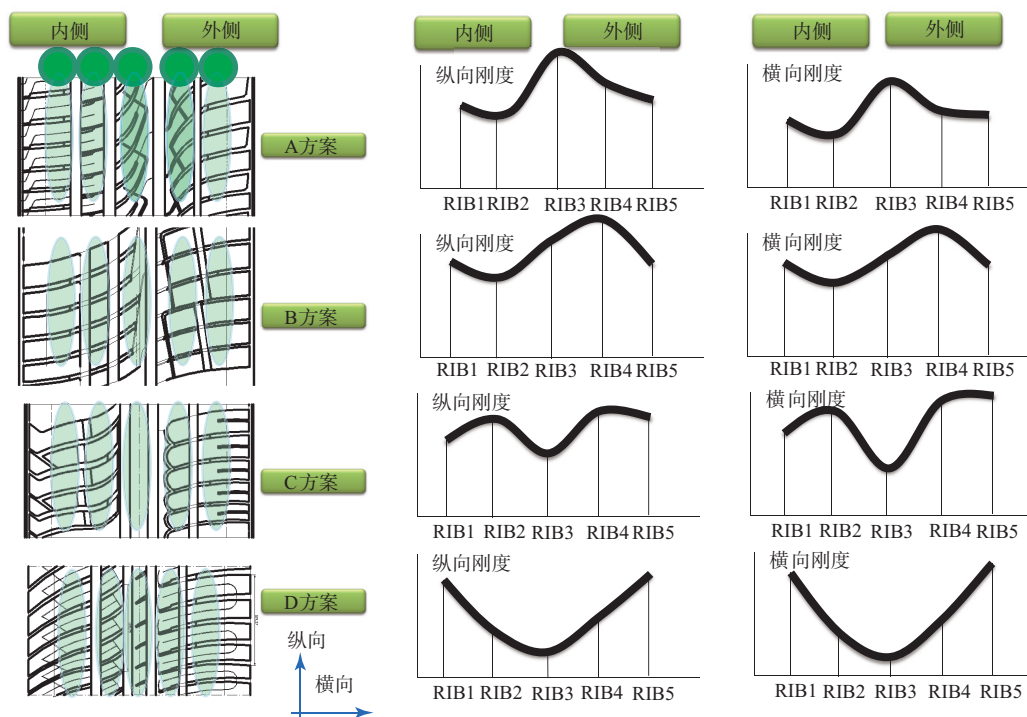


图6 异磨产品刚度分布

能单一地直接参考凸起RIB即是异磨部位RIB^[4]；但可以大胆推测两者之间的联系：当刚度分析中间RIB最大时即此RIB的刚度最大，轮胎充气后此RIB不易变形，在轮胎受力行驶时中间的RIB不易变形，也就是接地长度会最大，在接地印痕上呈现的是中间凸起最长；当中间RIB的刚度分析最小时即此RIB的刚度最小，由于轮胎胎冠是一个整体，轮胎充气时刚度最小的RIB最容易变形，也就是在轮胎行驶此RIB会先接触地面，在这种情况下中间RIB的接地长度是最长，在接地印痕上的反映就是中间凸起最长。

通过上述综合分析，最终可以确定最有利于异磨改善的刚度分布是“W”状（推理：刚度分布首先要对称，但考虑V形也存在异磨，同时对于5条RIB的花纹形式，推测W状为最适合形状），即中间RIB大于RIB2但要小于最外侧RIB，最好维持在居中的位置，这样就可以很好地平衡各RIB之间的刚度和受力情况，按此依据进行花纹设计。

3 SUV轮胎胎冠异磨改善

通过调整花纹进一步验证理论分析和刚度预测手段的准确性。

3.1 花纹刚度调整方案

花纹调整主要是根据刚度分析结果及之前机理分析中提到的“W”状态进行验证。

图7和8分别示出了调整前后的胎面花纹（为清晰对比，均采用实胎展示）及刚度对比。

调整措施：内外侧RIB及沟宽度保证完全对称；降低中间RIB的宽度；调整内外侧海陆比使差值减小。

刚度分析如下：内外侧刚度对称性极高；形状为“W”状。

3.2 花纹刚度调整改善方案测试结果

3.2.1 接地印痕

图9和表4分别示出了调整花纹样式前后轮胎（结构和配方完全相同）接地印痕对比及接地印痕测量数据。

从图9和表4可以看出，花纹调整后的接地印痕矩形率已经非常接近最佳状态。

3.2.2 实际路试

测试条件：高速公路56%+普通公路44%，高速公路上行驶速度为100~120 km·h⁻¹，普通公路上行驶速度为60~80 km·h⁻¹。

测量点位：依从轮辋外侧到内侧的方向测量

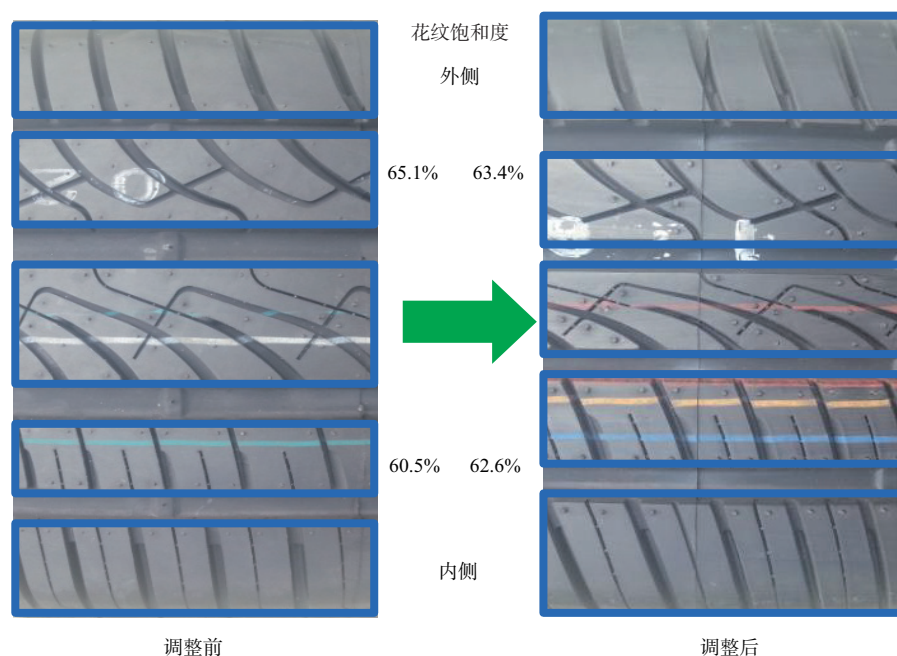


图7 调整前后的胎面花纹对比

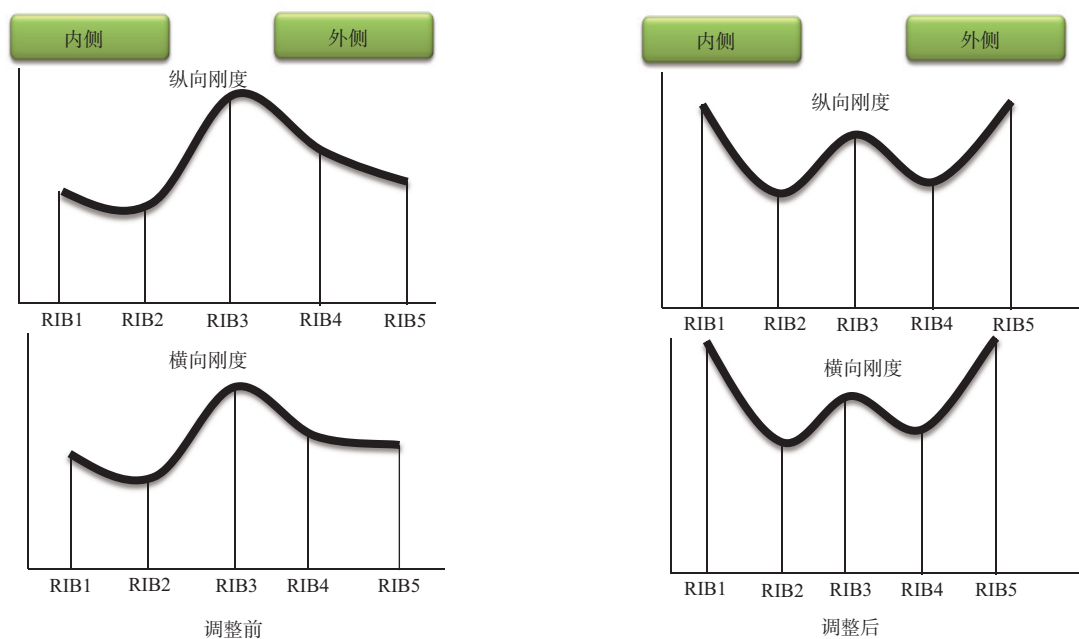


图8 调整前后的刚度对比

1[#], 2[#], 3[#]和4[#]花纹沟。

花纹沟测试结果如表5所示。图10示出了调整花纹样式后轮胎的磨损状况。

从表5和图10可以看出, 调整花纹样式后, 轮胎没有出现异常磨损现象, 整体磨耗均匀, 达到了改善轮胎胎冠异常磨损的效果。实际路试结果表明, 根据FEA分析结果采取措施十分有效, 这

证实了利用FEA在前期进行轮胎花纹刚度分析的必要性。

4 结语

在本工作的分析过程中主要利用了FEA刚度分析软件、CATIA绘图软件以及实车测试等手段, 由此证明对于产品性能分析要做到理论与实际

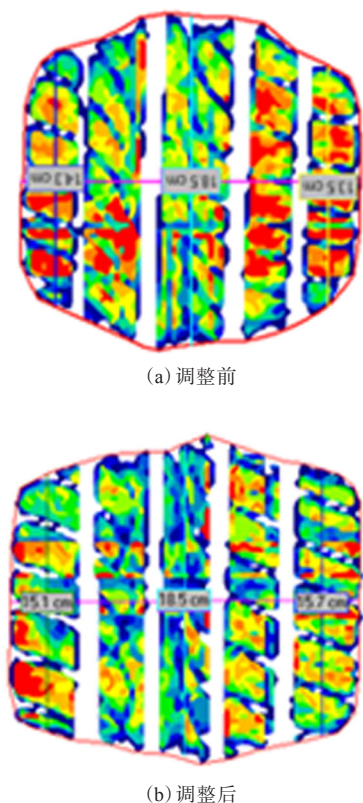


图9 调整花纹样式后轮胎接地印痕

表4 调整花纹样式前后轮胎接地印痕对比

方案	长轴长度/ cm	短轴长度/ cm	矩形率/%		
			左侧	右侧	平均
调整前	18.5	19.8	73.0	77.3	75.2
调整后	18.5	21.3	81.3	84.9	83.1

表5 花纹沟测试结果

轮胎	外侧		内侧	
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]
调整后1	14 771	13 812	13 680	13 699
调整后2	13 966	13 495	13 263	13 680
调整前1	15 848	12 225	12 407	16 129
调整前2	15 674	11 236	13 624	16 155

相结合,同时要多使用先进的分析模拟软件。轮胎胎冠异常磨损产生的根本原因在于接地印痕以及花纹刚度分布的不规则,而接地印痕的分布由刚度所决定。轮胎胎冠异常磨损产生的根本原因是花纹RIB刚度在胎冠上面内外侧分布不对称和胎冠中间RIB的刚度相对于RIB2(从中间往外第2条RIB)明显过大或过小(共5条RIB的情况)。花纹RIB刚度分布在FEA分析中是“W”状,即中间



(a)



(b)



(c)

图10 调整花纹样式后轮胎的磨损状况

RIB大于RIB2但要小于最外侧RIB,最好维持在居中的位置,这样有利于改善轮胎胎冠异常磨损。依据此形状调整花纹RIB后轮胎没有出现异磨现象,整体磨耗均匀,达到了改善效果。

参考文献:

- [1] 俞洪,丁剑平,张安强,等. 子午线轮胎结构设计与制造技术[M]. 北京:化学工业出版社,2006.
- [2] 庄继德. 汽车轮胎学[M]. 北京:北京理工大学出版社,1995.
- [3] 何涛,李然,汪洋. 子午线轮胎胎面花纹块滑动磨损有限元分析[J]. 工程力学,2010,27(7):237-243.
- [4] Gent A N, Walter J D. The Pneumatic Tire[M]. US:National Highway Traffic Safety Administration,2005.

收稿日期:2016-01-04

Mechanism Research and Improvement of Abnormal Wear for SUV Tire Crown

CHEN Yun¹, REN Chuansheng², XIAO Song²

[1. GITI Tire (China) R&D Center, Hefei 230601, China; 2. University of Science and Technology of China, Hefei 230027, China]

Abstract: The mechanism research and improvement of abnormal wear for SUV tire crown were completed. The fundamental cause of tire crown abnormal wear was that the RIB stiffness distribution asymmetry of inside and outside on the tire crown and the middle RIB stiffness relative to the RIB2 (the second RIB which from the middle to outward) obviously too big or too small (in the case of a total of 5 RIBs). Patterned RIB stiffness distribution was the W shape, namely the middle RIB was greater than the RIB2 but less than the most outward RIB, that was in favor of improving abnormal wear for SUV tire crown. Through adjusting pattern RIB according to this shape, the abnormal wear phenomenon of tire did not appear, the overall wear was uniform, and reached the effect of improving the abnormal wear of tire crown.

Key words: SUV tire; tire crown; abnormal wear; FEA