

全钢载重子午线轮胎花纹沟底裂影响因素研究

单绍芝, 张明, 王宇

(中策橡胶集团有限公司, 浙江 杭州 310018)

摘要:采用有限元软件分析全钢载重子午线轮胎冠部材料分布对成品轮胎花纹沟底裂的影响。建立轮胎断面模型和三维有限元模型,计算2种方案轮胎在静负荷情况下冠部花纹沟底的应力变化情况和沟壁的扩张程度,结果表明增大胎肩垫胶厚度有利于减少花纹沟底裂的发生;并根据2个方案试制轮胎进行实际测量对比,验证了有限元分析结果的正确性。

关键词:全钢载重子午线轮胎;有限元分析;轮胎材料分布;花纹沟底裂

中图分类号:U463.341⁺.3/.6;TQ336.1;O241.82 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-8171(2018)0-04

当前全钢载重子午线轮胎的普及率已经非常高,对企业而言,新产品的推出固然重要,但对产品投放市场后的维护和改进更加重要。全钢载重子午线轮胎在中国市场上的使用不如欧美轮胎市场规范,退赔率较高。全钢载重子午线轮胎使用过程中常见的损坏情况除了胎肩脱层和胎圈脱层外,还有冠部花纹沟底裂。冠部花纹沟底裂通常在轮胎使用初期产生,一旦产生花纹沟底裂则整条轮胎不能使用,且花纹沟底裂损坏的轮胎不在轮胎厂家的可退赔范围之列,这对于用户来说损失很大,同时对轮胎厂家造成了不良影响。

引起全钢载重子午线轮胎花纹沟底裂的原因很多,如花纹沟底胶厚度太小、花纹沟底胶的抗撕裂性差、花纹沟壁角度设计不合理使得花纹沟底夹石子等。上述原因引起的花纹沟底裂口一般都是在轮胎使用中后期才会出现,对于轮胎制造厂家和轮胎使用者来说,损失尚在可以接受的范围,不会引起大的抱怨。而因花纹沟底应力扩张引起的花纹沟底裂均出现在轮胎使用初期,对产品信誉影响较大。因此我公司对轮胎花纹沟底裂影响因素的研究非常重视,要求轮胎设计人员对已经在生产的各规格轮胎进行重新评估,同时对即将开发的新产品严格把关。

本工作采用有限元软件分析全钢载重子午线轮胎冠部材料分布结构对成品轮胎花纹沟底裂的

影响。

1 模型建立

1.1 建模

轮胎是个复杂的复合体,由多种部件组成,在进行有限元分析时要具体问题具体分析,单纯的橡胶部件如胎冠和三角胶采用泊松比较大的弹性材料,钢丝部件如钢丝圈采用刚体模型建模,而对于橡胶-帘线复合材料如胎体帘布和带束层等则采用目前公认的Rebar模型进行模拟分析。Rebar模型可以在不增加自由度的情况下将多个帘布层表示在一个单元内。轮胎胎冠部位的材料分布直接影响轮胎充气后的内轮廓形状以及肩部胶料和带束层的屈挠情况,可以假设轮胎肩部材料分布是轮胎花纹沟底裂最重要的影响因素,如果冠部材料分布不合理,即使抗撕裂性能再好的胎面胶也会出现花纹沟底裂。

对比分析同一模具结构下,除了肩部材料分布不同之外,其余材料分布均相同的2种方案轮胎充气后肩部和冠部的水平差值以及胎面花纹沟扩展值。2种方案轮胎只有胎肩垫胶尺寸不同,其余部件半成品尺寸相同。

图1示出了肩部厚度分别为41.5(方案1)和43.5 mm(方案2)的同一规格轮胎的材料分布情况。

1.2 边界条件

采用接触边界条件对轮胎进行从充气到加载的一系列分析,将轮辋和路面简化为解析刚体,轮

作者简介:单绍芝(1985—),女,安徽宿州人,中策橡胶集团有限公司工程师,硕士,主要从事轮胎结构设计和有限元分析工作。

E-mail:sszhz@126.com

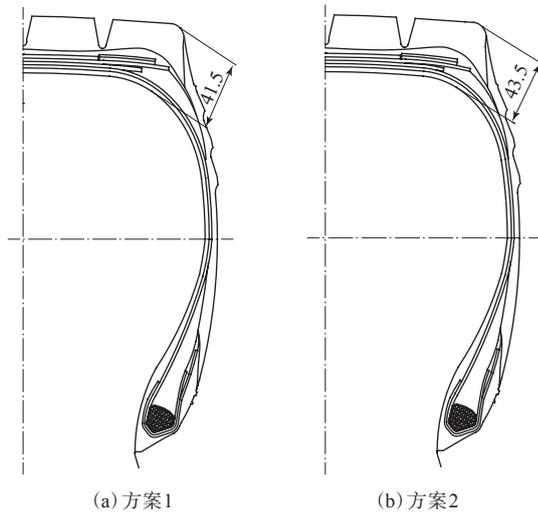


图1 不同肩部厚度轮胎材料分布示意

胎与轮辋之间、轮胎与路面之间采用有限滑移法进行描述,摩擦因数分别为0.15和0.70。

1.3 网格划分

理论模拟计算分析采用本公司和哈尔滨工业大学合作开发的有限元软件TYABAS和通用有限元分析软件ANSYS相结合完成,根据材料分布图,在TYABAS中自行划分网格,对于重点分析的部位,网格划分得细密一些,对于非重点分析的部件,网格可以划分得稀疏一些,既保证了分析计算的准确性,又减小了计算量^[1-4]。图2示出了2种方案轮胎网格划分情况。

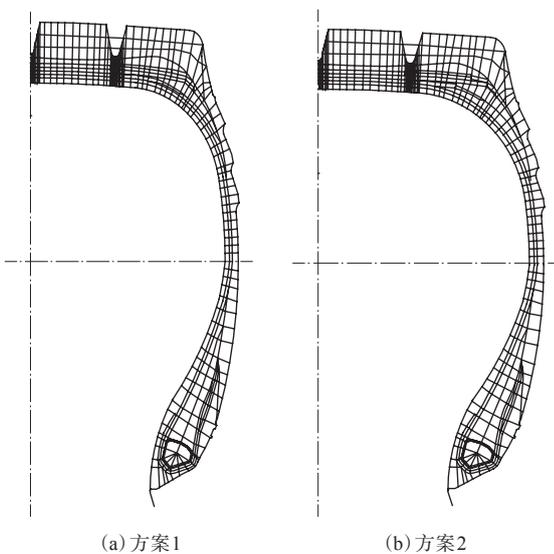


图2 轮胎网格划分示意

1.4 负荷工况

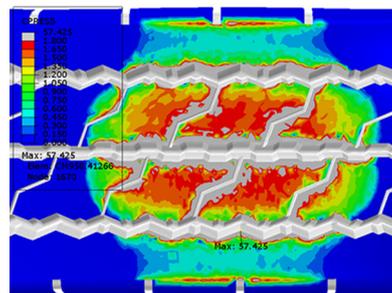
(1) 充气工况。用平均分布的方式进行负荷施加,作用在轮胎内表面上的充气压力为830 kPa。

(2) 加载工况。通过路面相对于轮胎轴心的作用来实现,即对路面施加33 500 N的集中力。

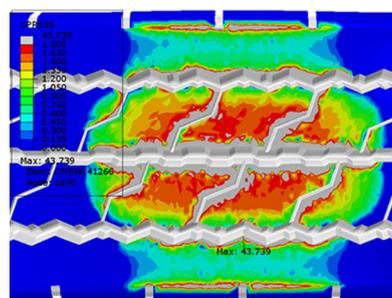
2 结果与讨论

2.1 沟底单元应变能数据分析

图3示出了2种方案轮胎在静负荷加载下的接地面接触压力云图。从图3可以看出:方案1和2轮胎接地面最大接触压力位置均在轮胎边部花纹沟底,最大值分别为57.425和43.739 N;加载后,方案1轮胎花纹沟底接触压力变化大于方案2轮胎。由此可以推测在使用过程中,方案1轮胎比方案2轮胎更容易因力的变化而产生花纹沟底裂。



(a) 方案1

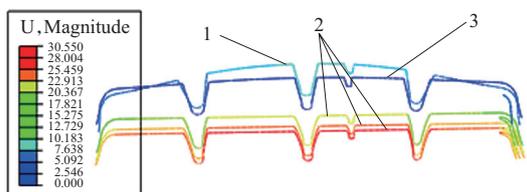


(b) 方案2

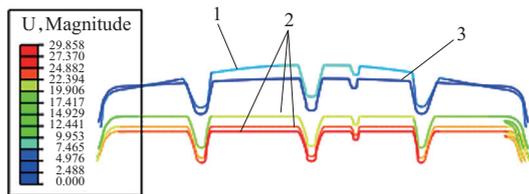
图3 轮胎在静负荷加载下的接地面接触压力云图

2.2 花纹沟充气后扩张率对比

图4示出了2种方案轮胎的冠部轮廓(为了对比明显,将同一种方案轮胎在不同工况下的冠部轮廓叠加在一起)。利用有限元软件对图4所示边部花纹沟宽度进行模拟,结果如表1所示。



(a) 方案1



(b) 方案2

- 1—标准充气压力和标准负荷下接地对立面冠部轮廓；
2—相同充气压力、不同负荷下的接地面轮廓；
3—标准充气压力、未施加负荷的冠部轮廓。

图4 不同工况下轮胎冠部轮廓

表1 轮胎边部花纹沟模拟宽度 mm

编 号	充气后边沟宽度模拟值		边沟宽度设计值
	左边沟	右边沟	
方案1	17.86	18.02	14.50
方案2	16.86	16.92	14.50

从表1可以看出,方案1轮胎的边沟扩展较大,这说明方案1轮胎在没有加载荷的情况下,边沟扩张就已经很大,在充标准气压后,边沟就已经有比较大的张力,即轮胎即使不使用,在标准充气压力下处于停放状态已经具有花纹沟底裂的趋势,使用不到2 000 km时发生花纹沟底裂。对比国外品牌如米其林和普利司通轮胎,这两个品牌轮胎在不充气状态下和充气状态下的花纹沟宽度几乎没有变化。

3 实际试验验证

为了验证有限元模拟结果的正确性,根据方案1和2试制2条轮胎,施工区别是选用厚度不同的

胎肩垫胶。成品轮胎充气后花纹沟宽度实测值如表2所示。

表2 成品轮胎花纹沟宽度实测值 mm

编 号	左边沟			右边沟		
方案1	17.36	17.34	17.00	17.74	17.96	18.00
方案2	16.42	16.34	16.50	16.96	16.52	16.63

从表2可以看出,成品轮胎实际试验结果与有限元模拟结果趋势相同,说明模拟结果是可靠的,同时说明肩部的施工厚度对轮胎花纹沟底裂有一定的影响,肩部越厚,轮胎越不容易产生花纹沟底裂,但实际设计时不可能让轮胎肩部无限厚,因为轮胎肩部厚度关系着轮胎的设计成本等,如何在有限的设计成本下设计合理的内外轮廓结构是努力的方向。

4 结论

影响全钢载重子午线轮胎花纹沟底裂的主要因素除了胎冠胶料的物理性能外,还有轮胎的施工结构,合理的、接近平衡轮廓的内轮廓结构可使轮胎充气加载后结构变化不大,轮胎花纹沟的预张力(充气状态下的花纹沟扩张力)接近零,从而避免花纹沟底裂的发生。另外,轮胎结构设计中花纹沟沟壁角度和沟底倒角设计也是花纹沟底裂发生的影响因素。在轮胎设计中采用有限元技术进行模拟分析可以提高研发效率。

参考文献:

- [1] 刘莉,游海军,马楠楠,等. 丁腈橡胶耐疲劳性能的研究[J]. 橡胶工业,2017,64(5):290-294.
- [2] 王国林,周浩,梁晨,等. 外轮廓和结构参数对载重子午线轮胎疲劳寿命的影响[J]. 橡胶工业,2017,64(5):275-278.
- [3] 吴健,徐春财,王友善,等. 摩擦对胎面材料单轴压缩力学行为的影响[J]. 橡胶工业,2017,64(1):5-8.
- [4] 熊春明,臧孟炎,周涛,等. 全钢子午线轮胎疲劳破坏现象仿真与优化设计研究[J]. 轮胎工业,2016,36(9):515-519.

收稿日期:2017-?-?-?

Study on Effect Factors of Groove Bottom Crack of Truck and Bus Radial Tire

SHAN Shaozhi, ZHANG Ming, WANG Yu

(Zhongce Rubber Group Co., Ltd, Hangzhou 310018, China)

Abstract: The influence of material distribution of tire crown on the groove bottom crack of truck and

bus radial tire was analyzed by finite element software. Tire sections mode and 3D finite element model were established, the stress changes of tread grooves on the side of tire tread and expansion of groove side under static load were mathematized in two projects. The results showed that increasing the thickness of the shoulder pad was beneficial to reduce the occurrence of the groove bottom crack. Tires were made according to the two projects and tested and compared with actual measurement, and the correctness of the finite element analysis results was verified.

Key words: truck and bus radial tire; finite element analysis; material distribution of tire; groove bottom crack