

295/75R22.5载重子午线轮胎带束层优化的有限元分析

姜晓凤, 高明, 付新华

(三角轮胎股份有限公司, 山东威海 264200)

摘要:针对295/75R22.5载重子午线轮胎带束层角度进行优化设计,采用有限元方法进行二维充气仿真分析,并试制轮胎进行成品性能对比试验。有限元分析结果表明,优化方案2轮胎的1[#]和2[#]带束层受力较均匀,0°带束层有较大的箍紧胎肩的张力。成品性能试验结果表明,与原轮胎相比,优化轮胎的接地印痕明显改善,耐久性能大幅提高。

关键词:载重子午线轮胎;有限元分析;带束层;接地印痕;耐久性能

中图分类号:U463.341⁺.3/.6;O241.82 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-8171(2016)02-0076-04

我公司面向北美市场开发的295/75R22.5载重子午线轮胎(驱动和导向轮胎)在使用过程中出现了异常磨损和沟裂的现象。针对上述问题,我们对295/75R22.5载重子午线轮胎带束层结构参数等进行了充气状态下的有限元仿真分析,得出较理想的接地印痕形状和压力,可使胎冠部位充分接地,改善轮胎的耐磨性能;在此基础上减小带束层端点受力,进而提高轮胎的耐久性能。现将相关情况简介如下。

1 轮胎病象分析

1.1 轮胎破坏形式

295/75R22.5载重子午线轮胎在使用过程中出现了胎冠异常磨损和肩部沟裂的现象。图1示出了轮胎胎面中心异常磨损和沟裂照片。

为了更好地对轮胎破坏形式进行分析,对295/75R22.5载重子午线轮胎进行了接地印痕和压力分布情况的测试,结果如图2所示。从图2可以看出:轮胎的接地印痕形状为哑铃状;接地压力在肩沟附近最大;胎冠中心接地印痕长度和接地压力均较小。

1.2 原理分析

图3示出了295/75R22.5载重子午线轮胎充气后胎冠弧变化情况(简单示意)。

作者简介:姜晓凤(1981—),女,山东威海人,三角轮胎股份有限公司工程师,学士,主要从事轮胎性能仿真方面的研究工作。



(a) 胎面中心异常磨损



(b) 沟裂

图1 轮胎中心异常磨损及沟裂

从图3可以看出,轮胎充气后胎冠为反弧, $R > r$,则

$$\frac{dw}{dt} \propto \frac{kps}{H} \quad (1)$$

式中 w ——磨耗量;

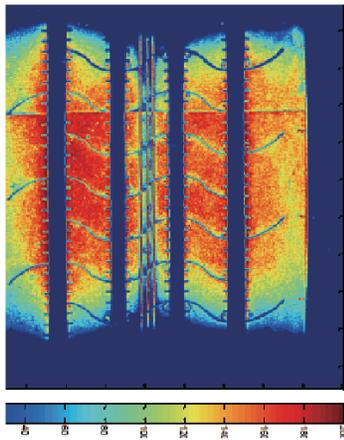
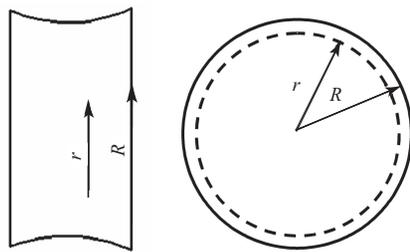


图2 轮胎印痕及接地压力示意



R —胎肩处动半径; r —胎冠处半径。

图3 异常磨损原理示意

- t ——时间;
- k ——磨损系数;
- P ——接地压力;
- s ——滑移位移;
- H ——胶料硬度。

从式(1)可以看出,轮胎磨耗与 k, P, s 成正比,与胶料硬度成反比。从图3可知,轮胎旋转一周,胎肩部位滚动的距离为 $2\pi R$,胎冠部位滚动的距离为 $2\pi r$, s 为 $2\pi(R-r)$,在其他因素不变的情况下, s 越大,轮胎磨耗越大。

2 有限元模型及分析方案

295/75R22.5载重子午线轮胎采用了3层带束层+2层 0° 带束层结构,方案1(为初始方案)带束层角度分别为 $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1$;方案2带束层角度分别为 $\alpha_2, \beta_2, \gamma_2$;方案3带束层角度分别为 $\alpha_3, \beta_3, \gamma_3$,3个方案采用相同的网格。轮胎二维有限元模型如图4所示,模型共有1 486个单元、1 665个节点。

3 结果与讨论

采用有限元软件分析轮胎在充气状态下带束

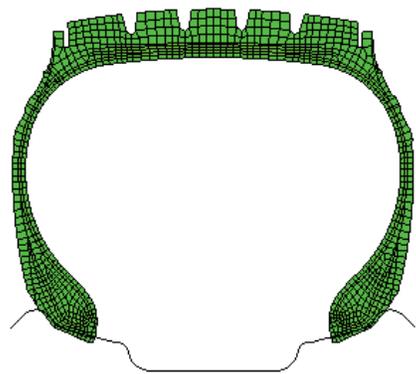


图4 轮胎二维有限元模型

层张力的变化,并对不同带束层角度设计方案进行对比分析。

3.1 轮胎外轮廓充气变化

对3个不同方案轮胎进行了充气模拟,图5为胎面所取各点示意,图6所示为充气压力为760 kPa时不同方案轮胎充气后胎面所取各点的外轮廓变化对比。从图6可以看出:方案1轮胎外直径变化较小,胎冠中间有凹陷;方案2轮胎外直径变化较大,胎冠中间凸出;方案3轮胎胎冠中间有凹陷。

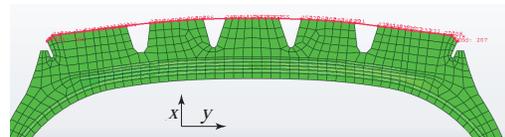


图5 胎面取点示意

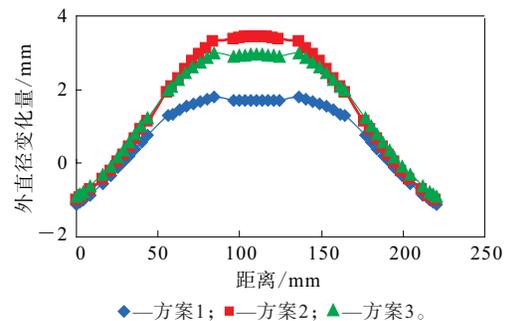


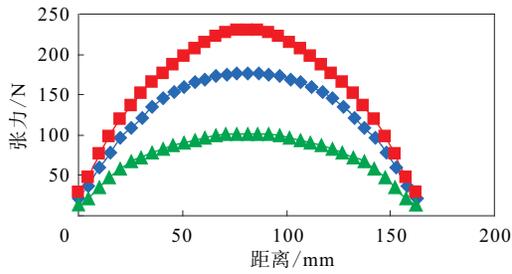
图6 不同方案外轮廓充气变化

3.2 带束层张力对比

分析各方案轮胎在充气压力为760 kPa下各层带束层的张力,结果分别如图7~11所示。

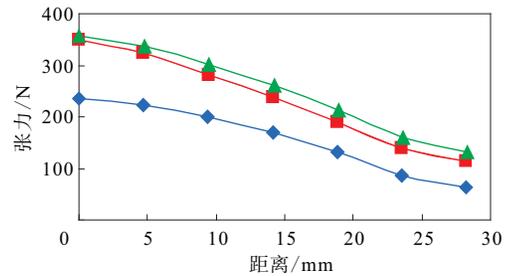
从图7~11可以看出,不同方案轮胎各层带束层在胎冠中部承担的张力最大,至端点部位逐渐减小,呈抛物线分布。

根据轮胎设计准则,1[#]和2[#]带束层为工作层,应承担较大的张力,3[#]带束层为过渡层,应承担



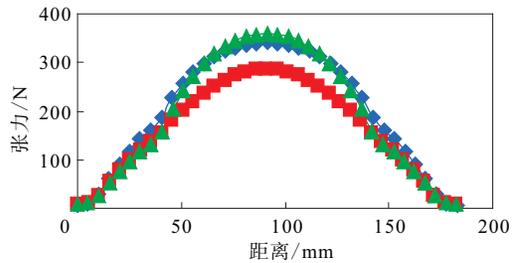
注同图6。

图7 1#带束层张力分布



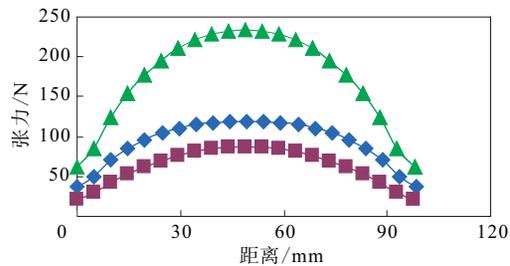
注同图6。

图11 2#0°带束层张力分布



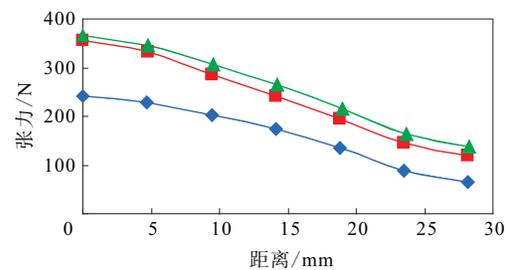
注同图6。

图8 2#带束层张力分布



注同图6。

图9 3#带束层张力分布



注同图6。

图10 1#0°带束层张力分布

较小的张力。表1示出了不同方案轮胎各带束层所受张力的最大值对比。从表1可以看出,所有方案轮胎都是2#带束层承担了较大的张力,3#带束层承担较小的张力,且方案2轮胎的1#和2#带束层

表1 不同方案轮胎各层带束层所受张力的最大值 N

带束层	方案1	方案2	方案3
1#带束层	176.4	230	101.8
2#带束层	340.3	286.1	358.1
3#带束层	119.3	87.4	233.2
1#0°带束层	241.1	356.7	366.4
2#0°带束层	234.9	348.5	357.2

受力较均匀,2层0°带束层张力基本一致,也具有较大的箍紧胎肩的张力。

3.3 有限元分析推断

根据有限元分析模拟的轮胎外轮廓充气变化曲线,可以推断出方案2轮胎胎冠中心接地压力会增大,能够改善轮胎的接地印痕,使其不呈现哑铃状。此外,根据轮胎各层带束层的张力曲线以及最大值对比,可以推断出方案2轮胎的1#和2#带束层起到了工作层的作用,0°带束层也有箍紧胎肩的作用。因此,选用方案2为优化方案进行轮胎试制,并与方案1轮胎进行对比分析。

4 成品性能

4.1 接地印痕和压力

为了验证根据有限元分析结果进行推断的准确性,对试制的方案2轮胎进行了接地印痕和压力试验,结果如图12所示。

从图12可以看出,方案2轮胎接地印痕改善了之前的哑铃状现象,胎冠中间接地压力变大,从而验证了方案2能有效改善轮胎接地印痕形状和压力的结论。

4.2 耐久性能

方案1轮胎在耐久性试验中累计行驶时间为95 h,而方案2轮胎累计行驶时间为140 h。可见,

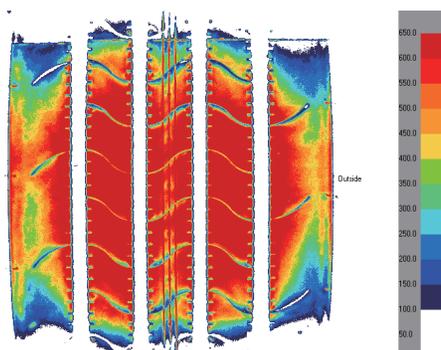


图12 方案2轮胎接地印痕

方案2轮胎1[#]和2[#]带束层受力较大且较均匀,起到工作层的作用,3[#]带束层受力较小,起到了过渡层的作用,0°带束层很好地箍紧了胎肩,从而使轮胎的耐久性能大幅提高。

5 结论

利用有限元方法对295/75R22.5载重子午线

轮胎相同结构不同带束层角度的设计方案进行了充气状态模拟分析,重点对轮胎带束层的张力进行分析,得出以下结论。

(1) 充气状态下,方案1和3轮胎胎冠中间有凹陷;方案2轮胎胎冠中间凸出。

(2) 从充气状态下轮胎各带束层张力看,所有方案轮胎都是2[#]带束层承担了较大的张力,3[#]带束层承担较小的张力,而且方案2的1[#]和2[#]带束层受力较均匀,能够较好地起到工作层的作用,各带束层受力比较合理。

(3) 方案2轮胎接地印痕和接地压力都比方案1轮胎明显改善,轮胎耐久性能大幅提高。

(4) 将有限元仿真分析用于设计轮胎和分析缺陷,可以缩短产品设计和改进周期,降低企业研发成本。

第8届全国橡胶工业用织物和骨架材料技术研讨会论文

FEA on Belt Optimization of 295/75R22.5 Truck and Bus Radial Tire

JIANG Xiaofeng, GAO Ming, FU Xinhua

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

Abstract: The design on belt angle of 295/75R22.5 truck and bus radial tire was optimized using finite element analysis of two-dimension inflation and it was verified by test of the finished tire. The FEA results showed that the stress distribution on the 1[#] and 2[#] belts of optimized scheme 2 tire was uniform and the 0° belt had a larger hoop tension on tire shoulder. The experimental testing results on finished tire showed that, compared with the original tire, the footprint of optimized tire was improved, and endurance performance increased significantly.

Key words: truck and bus radial tire; FEA; belt; footprint; endurance performance

一种充气轮胎

中图分类号:TQ336.1;U463.341 文献标志码:D

由正新橡胶(中国)有限公司申请的专利(公开号 CN 105015276A, 公开日期 2015-11-04)“一种充气轮胎”,涉及的充气轮胎包括中间沟槽和侧位沟槽,其中中间沟槽的弯折侧壁包括多个中间分侧壁,不同的中间分侧壁分布与充气轮胎的周向形成第1夹角和第2夹角,第1夹角的取值为7°~13°,第2夹角的取值为11°~15°;侧位沟

槽的弯折侧壁包括多个侧位分侧壁,不同的侧位分侧壁分别与充气轮胎的周向形成第3夹角和第4夹角,第3夹角的取值为11°~20°,第4夹角的取值为18°~22°。本发明提供的充气轮胎,增大了中间沟槽的弯折度,减小了中间沟槽的穿透面积,提升了刹车和湿地抓着性能,而中间沟槽和侧位沟槽角度的选取,使中间沟槽和侧位沟槽在任意方向的受力更加均匀,轮胎的使用效果得到进一步提高。

(本刊编辑部 马晓)