

# 补气保用轮胎胎圈轮廓设计与就位气压的相关性研究

李娜娜, 杨和涛, 邢伟运, 郭磊磊  
(中策橡胶集团有限公司, 浙江 杭州 310018)

**摘要:** 研究补气保用轮胎胎圈轮廓设计对就位气压的影响。以245/45RF18轮胎为例, 利用有限元分析方法对4种胎圈轮廓设计方案进行分析, 通过充气状态下胎圈接触压力分布云图、接触压力分布曲线及实测就位气压的对比, 找出影响就位气压的关键因子, 从4个方案中选出改善就位气压的最佳设计方案。结果表明, 胎圈角度和轮胎着合直径是影响轮胎就位气压的关键因子, 胎圈角度减小、着合直径增大, 轮胎就位气压减小。

**关键词:** 补气保用轮胎; 胎圈轮廓设计; 就位气压; 胎圈接触压力; 有限元分析

**中图分类号:** TQ336.1<sup>+</sup>; O241.82

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1006-8171(2021)01-0001-04

**DOI:** 10.12135/j.issn.1006-8171.2021.01.0001



OSID开放科学标识码  
(扫码与作者交流)

轮胎对汽车的行驶安全性至关重要, 尤其是在汽车高速行驶时, 一旦爆胎或被扎破漏气后就无法继续为行驶中的汽车提供足够的支撑力和侧向稳定性, 驾驶员无法控制方向和制动, 很容易导致交通事故。补气保用轮胎胎侧增加了一层高强度支撑胶, 结合强度优化的三角胶, 使得胎侧强度远高于普通轮胎, 大大降低了爆胎概率, 确保轮胎在零胎压下依然能够支撑整车总质量, 并保证车辆继续正常行驶一段时间<sup>[1-4]</sup>。但另一方面由于补气保用轮胎胎侧刚性大, 与轮辋装配时易出现因就位气压大而导致就位困难的问题, 优化胎圈设计能够在一定程度上减小轮胎就位气压, 改善轮胎就位困难问题。

## 1 胎圈轮廓设计因子

轿车轮胎所配轮辋基本为J型标准轮辋, J型标准轮辋左右曲线坡度有区别, 且在胎圈座位置有凸峰。轮胎就位过程中胎圈在内压推动下, 先是滑移翻过轮辋凸峰, 最后在胎圈座上滑移至就位。整个就位过程中轮胎在胎圈座最后处的就位气压明显大于其他部分。因此通常所说的就位气压是指胎圈座最后处就位时的轮胎内压。

**作者简介:** 李娜娜(1985—), 女, 浙江杭州人, 中策橡胶集团有限公司工程师, 学士, 主要从事轮胎结构设计工作。

**E-mail:** lena\_ln@sina.com

通过有限元仿真模拟轮胎充气就位过程<sup>[5]</sup>, 如图1和2所示, 轮辋模型采用外侧胎圈座有凸峰、内侧无凸峰形式, 图2横坐标起点为轮胎胎踵与凸峰起点重合位置。

从图1和2可以看出, 轮胎越过凸峰后, 随着轮胎逐步就位, 胎圈接触压力逐渐增大, 最后处就位时, 胎圈压力达到最大值, 因此轮胎完全就位时的胎圈压力侧面反应了轮胎就位气压的大小。

由于轮胎与轮辋装配是过盈配合, 如图3所示, 胎圈过盈配合区面积直接影响胎圈压力的大小。因此轮胎胎圈设计从影响轮胎与轮辋过盈配合的7个因子入手, 即胎圈着合直径( $D_f$ )、胎圈一段宽度( $A_1$ )、胎圈二段宽度( $A_2$ )、胎圈一段角度( $\alpha$ )、胎圈二段角度( $\beta$ )、胎圈一段与二段连接弧半径( $r$ )和胎踵半径( $R$ ), 如图4所示。

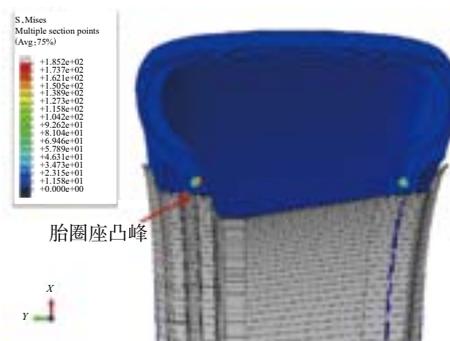


图1 有限元仿真模拟轮胎充气过程

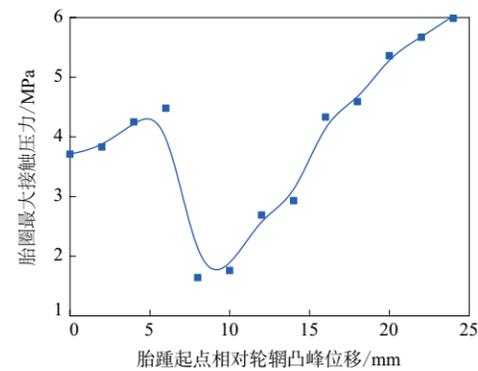


图2 胎圈最大接触压力随位移的变化曲线

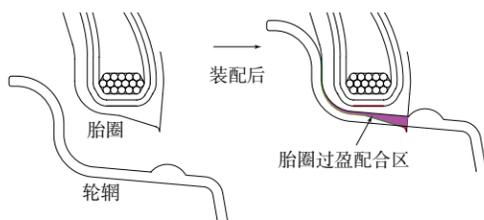


图3 轮胎与轮辋装配示意

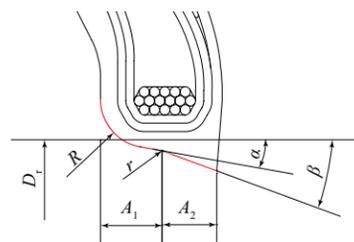


图4 胎圈轮廓设计示意

### 2 胎圈设计方案

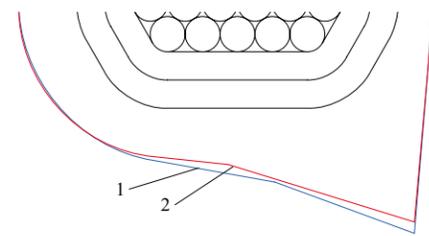
轮胎规格选择245/45RF18, 方案A为基础方案, 胎圈总宽度( $A_1+A_2$ )保持不变, 只改变 $A_1/A_2$ 比例。方案B在方案A的基础上增大 $A_2$ , 减小 $D_1, R, \alpha, \beta$ 和 $A_1$ 。方案C在方案A的基础上增大 $A_2$ , 减小 $R, \alpha, \beta$ 和 $A_1$ 。方案D在方案C的基础上增加连接弧。与方案B相比, 方案C的 $D_1, \alpha$ 和 $\beta$ 增大。

胎圈设计方案对比如图5—7所示。

### 3 胎圈接触压力仿真分析

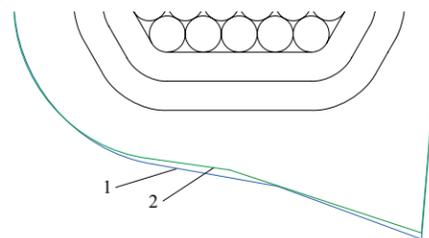
#### 3.1 轮胎充气就位后与轮辋的最大接触压力

将245/45RF18轮胎在250 kPa充气压力下装配到8.0J标准轮辋上进行仿真分析。方案A—D轮胎与轮辋的最大接触压力分别为6.021, 6.093, 5.351和5.298 MPa。胎圈接触压力分布曲线如图



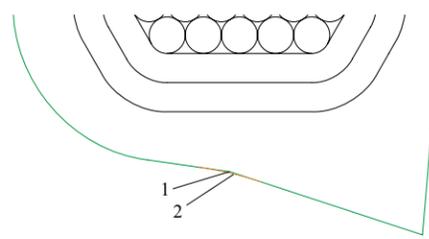
1—方案A; 2—方案B。

图5 方案A与方案B对比



1—方案A; 2—方案C。

图6 方案A与方案C对比

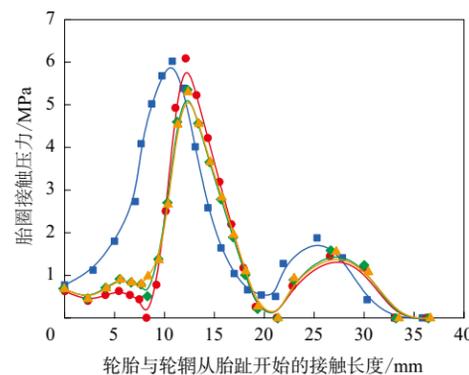


1—方案C; 2—方案D。

图7 方案C与方案D对比

8所示。

从图8可以看出, 方案C和方案D的最大接触压力明显低于方案A和方案B, 方案A的最大接触压力与方案B相当, 方案C的最大接触压力与方案



■—方案A; ●—方案B; ◆—方案C; ▲—方案D。

图8 胎圈接触压力分布曲线

D相当。由此推测方案C和方案D的就位气压低于方案A和方案B, 方案A的就位气压与方案B相当, 方案C的就位气压与方案D相当。方案D在方案C的基础上增加了连接弧, 说明连接弧对轮胎就位气压的影响较小。

#### 3.2 胎圈接触压力分布

4种方案的胎圈接触压力分布分别如图9—12所示。

从图9—12可以看出, 4种方案的接触压力最大值均出现在胎圈一段宽度区域, 说明胎圈一段角度和宽度对就位气压影响较大。

#### 4 就位气压实测对比

由于方案C的最大胎圈接触压力与方案D相当, 因此选择方案A—C进行模具加工。每个方案制作8条试验轮胎进行就位气压测试, 最终就

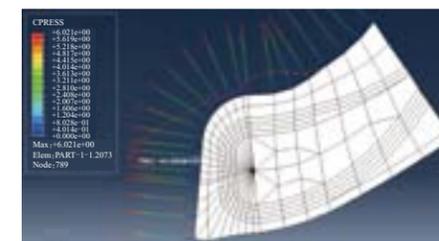


图9 方案A胎圈接触压力分布云图



图10 方案B胎圈接触压力分布云图

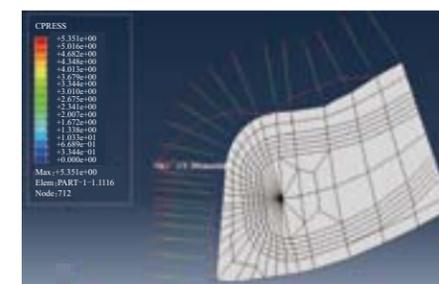


图11 方案C胎圈接触压力分布云图

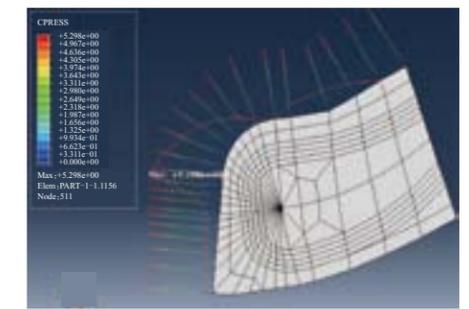


图12 方案D胎圈接触压力分布云图

位气压取8条轮胎的平均值。方案A—C轮胎的实测平均就位气压分别为350, 332和243 kPa。

由此可见, 与方案A和方案B相比, 方案C的平均就位气压明显降低。实际测试结果与有限元分析结果一致。

### 5 结论

(1) 胎圈接触压力能够侧面反映轮胎就位气压的大小。

(2) 胎圈接触压力分布云图显示胎圈压力最大值出现在胎圈一段宽度区域, 说明该区域的宽度和角度是影响轮胎就位气压的关键因素, 角度减小, 轮胎就位气压减小。

(3) 着合直径是影响轮胎就位气压的关键因素, 着合直径增大, 轮胎就位气压减小。

(4) 通过有限元仿真分析和实际轮胎就位气压测试得出, 方案C就位气压最小, 为本项目最佳改善方案。

### 参考文献:

- [1] 唐帆, 黎广, 蒋水金, 等. 新型防爆安全轮胎的研究进展[J]. 橡胶科技, 2019, 17(6): 305-310.
- [2] LIU H Q, PAN Y R, BIAN H G, et al. Optimize design of run-flat tires by simulation and experimental research[J]. Materials, 2021, 14(3): 474-479.
- [3] WANG X Y, ZANG L G, WANG Z, et al. Analysis of mechanical characteristics of inserts supporting run-flat tire during pressure relief[J]. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, 2021, 43(5): 2953-2955.
- [4] 王浩, 王日国, 葛怀涛, 等. 天然橡胶/稀土顺丁橡胶/反式丁戊橡胶并用高性能充气保用轮胎胎侧支撑胶的结构与性能[J]. 高分子通报, 2021(1): 54-60.
- [5] 黄兆阁, 李伟, 孟祥坤, 等. 免充气轮胎优化设计有限元分析[J]. 橡胶工业, 2020, 67(6): 449-454.

## Study on Correlation of Bead Profile Design and Mounting Pressure of Run-flat Tire

*LI Nana, YANG Hetao, XING Weiyun, GUO Leilei*

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

**Abstract:** The effect of bead contour design on the mounting pressure of run-flat tire was studied. Taking 245/45RF18 tire as an example, four bead design schemes were analyzed by finite element analysis method. Through the comparison of bead contact pressure distribution nephogram, contact pressure distribution curve and measured mounting pressure under inflation, the key factors affecting the mounting pressure were found out, and the best design scheme to improve the mounting pressure was selected from the four schemes. The results showed that bead angle and tire seating diameter were the key factors affecting tire mounting pressure. When bead angle decreased and tire seating diameter increased, the tire mounting pressure decreased.

**Key words:** run-flat tire; bead profile design; mounting pressure; bead contact pressure; finite element analysis