

# 通过有限元分析解决子午线轮胎胎肩偏磨问题

唐德全,余 萍,张俊伟,董继学,张 军

(四川轮胎橡胶集团股份有限公司,四川 简阳 641402)

**摘要:**利用哈尔滨工业大学开发的轮胎专用三维非线性有限元分析软件,通过最大拉伸应变、最大拉伸应力以及轮胎接地压力分布等分析轿车子午线轮胎胎肩偏磨现象。分析发现,在靠近胎肩部位的连接弧内开一小花纹沟能够较好地解决肩部偏磨现象;纵向花纹沟的合理布置对抑制胎肩偏磨现象有较明显的作用。

**关键词:**轿车子午线轮胎;偏磨;接地压力;有限元分析

**中图分类号:**TQ336.1<sup>+</sup>1;U463.341<sup>+</sup>.6 **文献标识码:**B **文章编号:**1006-8171(2005)07-0394-05

近年来,我国公路建设得到了迅猛发展,高速、高等级公路越来越多,但是在一些地区仍有较大部分乡村道路及车辙路面,而且由于我国公路运输的相关法律、法规的不健全,汽车超载现象特别普遍。同一辆车既可能在高速公路上行驶,也可能在乡村道路上行驶,甚至还有可能严重超载,这给轮胎实际使用带来了诸多不可预见性。为使轮胎能够适应各种使用环境,在轮胎新产品开发时应该充分考虑这些因素。

通过有限元分析技术可以得到轮胎在静态和稳态时的应力-应变场,经过后处理可以得到轮胎各层材料的应力和应变状态(分别用6个应力分量和6个应变分量来表示)。本工作利用哈尔滨工业大学开发的轮胎专用三维非线性有限元分析软件分析子午线轮胎胎冠及胎肩部位的应力和应变,并寻找花纹沟布置与轮胎胎肩偏磨的关系,从而解决该问题。

## 1 改进前后对比分析

目前,子午线轮胎新产品设计通常采用调整或优化胎面中部与两侧边缘部位的回转半径差来抑制胎肩偏磨现象。主要有以下两种方法:①增大胎面中部与两侧边缘部位的回转半径差可以减小胎面接地面两端所受的横向力,从而提高转弯

时的可操纵性,但是由于肩部的滑动摩擦使整个胎肩花纹磨损,从而产生偏磨;②减小胎面中部与两侧边缘部位的回转半径差,两侧边缘部位接地压力增大,在车辆转弯时由于地面受横向力的作用而使胎肩花纹边缘一定范围内产生阶梯状磨损。

可见增大或减小子午线轮胎胎面中部与两侧边缘部位的回转半径差均不能有效地解决胎肩偏磨问题。因此,我们分别以165/70R13和175/65R14轮胎为例,通过变换花纹沟宽度、花纹块大小以及行驶面弧度半径,分别进行了数十种方案的有限元分析。下面以175/65R14轮胎充气压力300 kPa、负荷接近530 kg进行计算,改进后的轮胎下沉量为20 mm,原设计轮胎下沉量为22 mm。

### 1.1 材料分布

改进前后轮胎的材料分布如图1和2所示。

### 1.2 下沉状态轮廓变化

改进前后轮胎下沉状态轮廓变化如图3和4所示。

### 1.3 接地压力

改进前后轮胎接地压力分布如图5和6所示。

从图5和6可以看出,改进后轮胎胎肩应力明显小于原设计轮胎。肩部应力的减小可使胎冠中部到边缘的应力过渡平缓,不会因肩部应力过大产生轮胎偏磨现象,从而提高轮胎的使用性能。

### 1.4 轮胎负荷及尺寸

改进前后轮胎负荷及尺寸对比如表1所示。

**作者简介:**唐德全(1971-),男,四川广安人,四川轮胎橡胶集团股份有限公司工程师,学士,主要从事子午线轮胎结构设计及工艺管理工作。

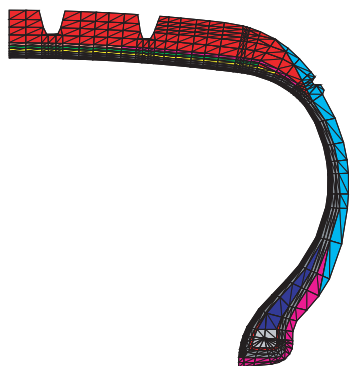


图 1 改进前轮胎的材料分布

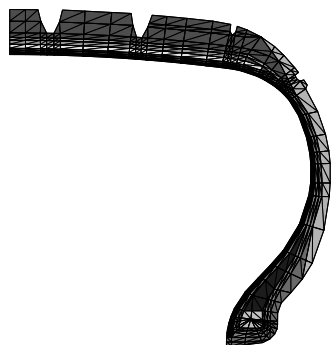


图 2 改进后轮胎的材料分布

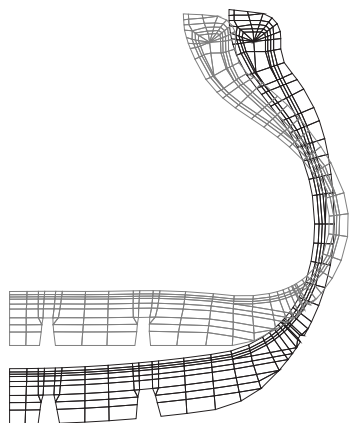


图 3 改进前轮胎下沉状态轮廓变化

由表 1 可以看出,轮胎负荷能力能满足欧洲标准要求;改进后轮胎的接地因数、硬度因数和单位面积平均压力均小于原设计轮胎,证明改进后的轮胎性能得到了提高。

### 1.5 第 1 带束层应力分布

改进前后轮胎第 1 带束层的应力分布如图 7 和 8 所示。

子午线轮胎的带束层是主要受力部件,在有

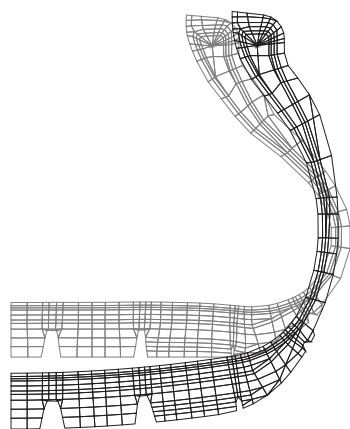


图 4 改进后轮胎下沉状态轮廓变化

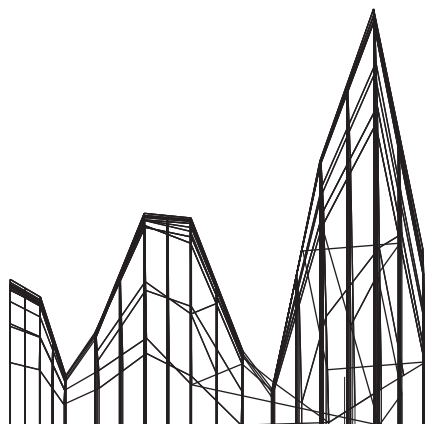


图 5 改进前轮胎接地压力分布示意

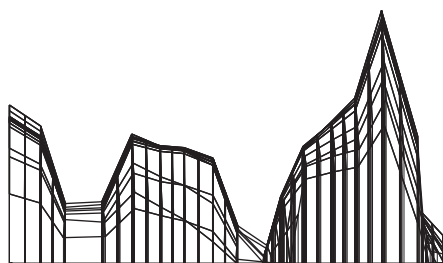


图 6 改进后轮胎接地压力分布示意

限元分析的 6 个应力分量中  $\sigma_3$  最大,因此主要分析  $\sigma_3$ 。从图 7 和 8 可以看出,改进后轮胎第 1 带束层的应力明显小于原设计轮胎,接地应力曲线更平滑,说明改进后的设计更合理,肩部的应力分布得到了改善。

### 1.6 第 2 带束层应力分布

改进前后轮胎第 2 带束层的应力分布如图 9 和 10 所示。

表 1 改进前后轮胎负荷及尺寸对比

| 项 目                  | 改进后    | 改进前    |
|----------------------|--------|--------|
| 设计外直径/mm             | 582.00 | 582.00 |
| 设计断面宽/mm             | 181.87 | 182.00 |
| 气压/kPa               | 300.00 | 300.00 |
| 负荷/kg                | 535.63 | 531.80 |
| 负荷下断面宽/mm            | 188.62 | 189.74 |
| 负荷下静半径/mm            | 271.00 | 269.00 |
| 下沉量/mm               | 20.00  | 22.00  |
| 下沉率/%                | 7.38   | 8.18   |
| 印痕短轴/mm              | 129.84 | 124.84 |
| 印痕长轴/mm              | 133.49 | 133.84 |
| 印痕面积/cm <sup>2</sup> | 173.33 | 167.09 |
| 接地因数                 | 1.03   | 1.07   |
| 硬度因数                 | 1.01   | 1.04   |
| 单位面积平均压力/kPa         | 302.84 | 311.91 |

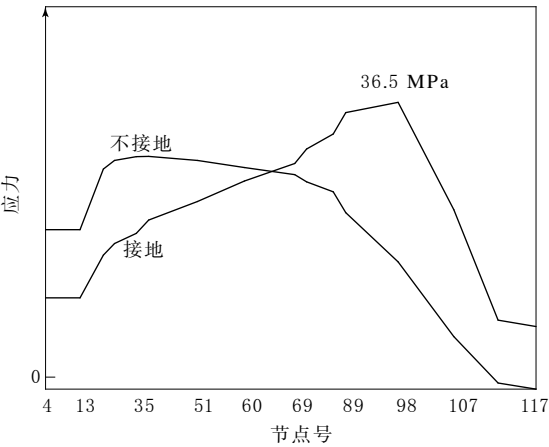


图 7 改进前轮胎第 1 带束层应力  $\sigma_3$  的分布

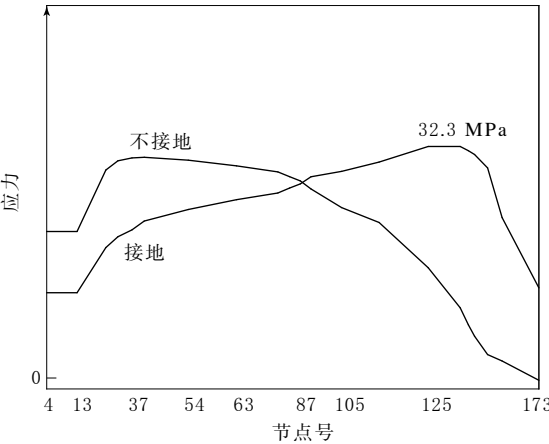


图 8 改进后轮胎第 1 带束层应力  $\sigma_3$  的分布

从图 9 和 10 可以看出,改进后带束层在接地时的应力值明显小于原设计轮胎,且接地与不接

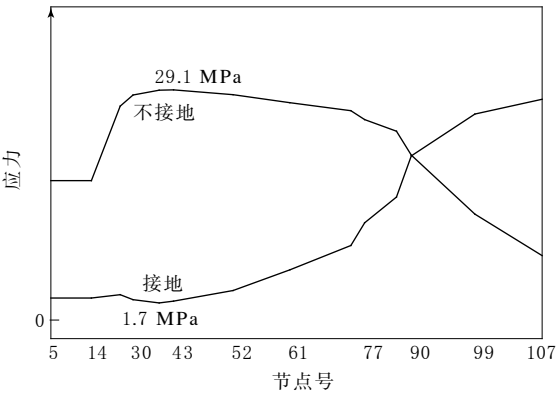


图 9 改进前轮胎第 2 带束层应力  $\sigma_3$  的分布

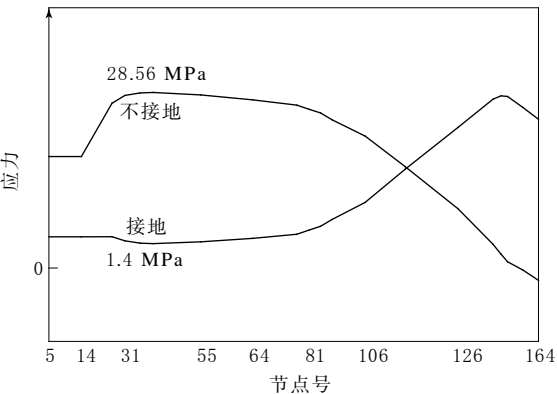


图 10 改进后轮胎第 2 带束层应力  $\sigma_3$  的分布  
地应力曲线之间的差值更小,说明改进后的能量损耗更小,轮胎结构得到了改善。

1.7 接地单元的应力和应变分布

改进前后轮胎接地单元的应力分布如图 11 和 12 所示,应变分布如图 13 和 14 所示。

从图 11~14 可以看出,改进后轮胎接地单元

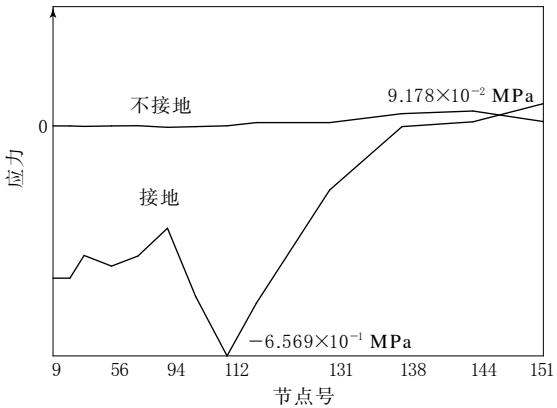


图 11 改进前轮胎接地单元应力  $\sigma_2$  的分布

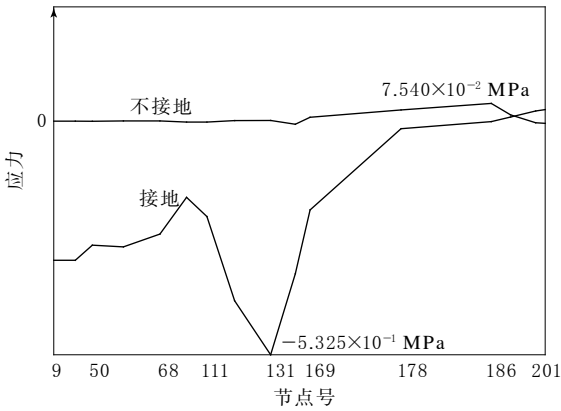


图 12 改进后轮胎接地单元应力  $\sigma_2$  的分布

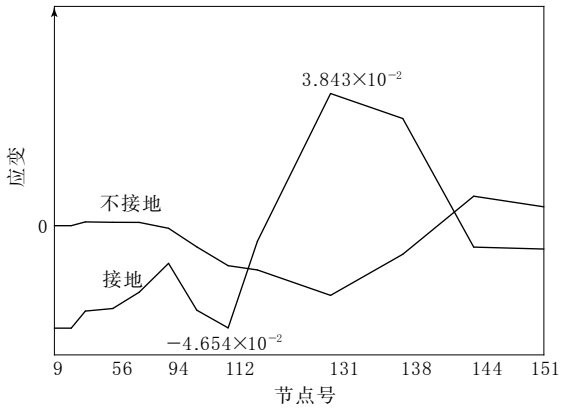


图 13 改进前轮胎接地单元的应变( $\sigma_2$  方向)分布

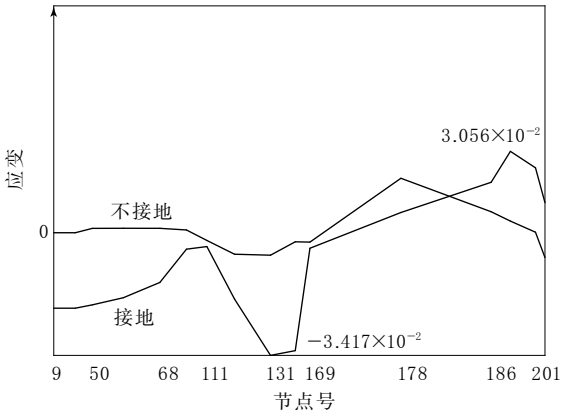


图 14 改进后轮胎接地单元的应变( $\sigma_2$  方向)分布

在  $\sigma_2$  方向上的应力和应变值都减小了,表示轮胎肩部的应力和应变值都得以降低,而且在接地时的应变变化梯度比原设计轮胎更小,说明改进后轮胎性能得到了改善。

1.8 接地断面应变能分布

改进前后轮胎接地断面应变能分布如图 15

和 16 所示。

从图 15 和 16 可以看出,改进后轮胎接地断面应变能最小值和最大值均比原设计轮胎相应值小。另外,肩部的应变能分布更分散,说明改进后轮胎的结构比原设计轮胎更合理。

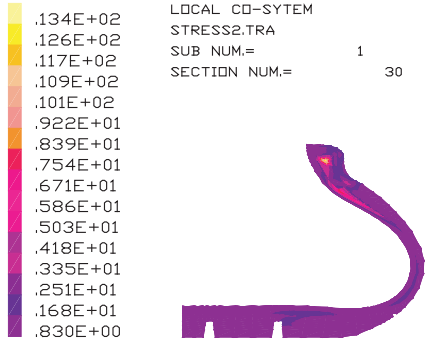


图 15 改进前轮胎接地断面应变能分布

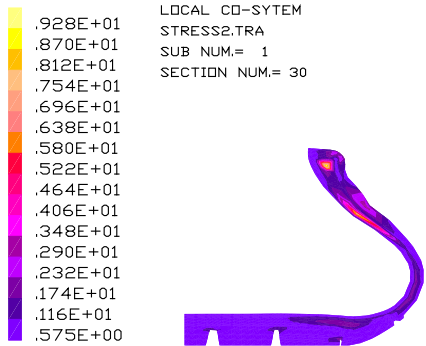


图 16 改进后轮胎接地断面应变能分布

1.9 接地印痕

改进前后轮胎接地印痕对比分析如图 17 和 18 所示。由图 17 和 18 可以看出,改进后接地印痕分布更合理。

2 胎肩偏磨机理分析

通过上述有限元计算和分析发现,在靠近胎肩部位的连接弧内开一小花纹沟(见图 2)能够较好地解决肩部偏磨问题。如图 5 和 6 所示,改进后轮胎的肩部应力明显小于原设计。肩部应力的减小可使胎冠中部到边缘的应力过渡平缓,不会由于肩部应力过大产生偏磨现象,其主要原因是肩部小花纹沟能够承受肩部径向(即有限元分析中  $\sigma_2$  的方向)受压所引起的横向力,表现在轮胎

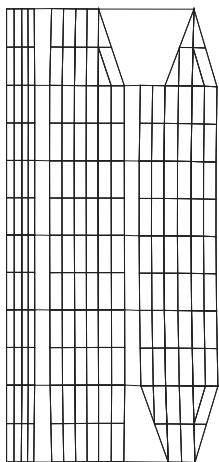


图 17 改进前轮胎接地印痕分布

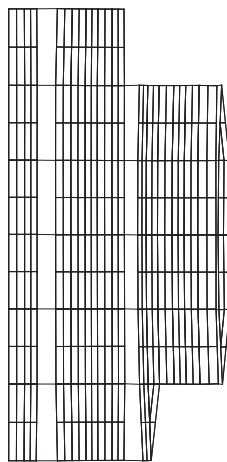


图 18 改进后轮胎接地印痕分布

受地面压力后肩部花纹沟宽度会变小,如图 17 和 18 所示。

采用本分析结果先后开发了 165/70R13 和 175/65R14 两个规格的新产品,都较好地解决了胎肩偏磨问题,并得到了汽车公司的认可。

### 3 结语

有限元分析和实际应用发现,合理设计子午线轮胎纵向花纹沟可有效抑制胎肩偏磨现象。

第 13 届全国轮胎技术研讨会论文

## Improving irregular wear on radial tire shoulder with FEA

TANG De-quan, YU Ping, ZHANG Jun-wei, DONG Ji-xue, ZHANG Jun

(Sichuan Tire & Rubber Group Co., Ltd, Jianyang 641402, China)

**Abstract:** The irregular wear on shoulder of PCR tire were analyzed with a 3D non-linear FEA software in terms of the maximum tensile strain, the maximum tensile stress and the pressure distribution in ground-contact area. The results showed that the irregular wear on shoulder improved significantly by opening a small groove in the joint arc near shoulder and arranging the longitudinal grooves reasonably.

**Keywords:** PCR tire; irregular wear; ground-contact pressure; FEA

### 三菱重工研发积木式轮胎制造系统

中图分类号: TQ330.4 文献标识码: D

英国《欧洲橡胶杂志》2005 年 187 卷 2 期 19 页报道:

三菱重工轮胎和橡胶机械分公司正在开发一种积木式轮胎制造系统,其原理类似于 VMI 公司的 MTM 系统或倍耐力公司的 MIRS 系统。

该公司的总经理 Nakahara 说,他们看过普利司通的 BIRD 和米其林的 C3M,希望开发与之类似但属于自己的东西,以便向用户提供高度的

灵活性。

三菱公司正在评价可用于该项计划的各种不同的技术。该公司已掌握了该系统的技术,但将不拘一格探索各种可能性。

米其林和普利司通约花费了 10 年时间将其积木式轮胎制造系统投入工业化生产,但三菱重工的速度要快一些,因为行业已对各项核心技术做了大量改进,这使三菱公司比较容易完成工业化生产的任务。

(涂学忠摘译)