

# 带束层角度对全钢载重子午线轮胎性能的影响

赵龙<sup>1,2</sup>, 万同<sup>1</sup>

(1. 天津科技大学, 天津 300457; 2. 银川佳通轮胎有限公司, 宁夏 银川 750021)

**摘要:** 通过有限元仿真分析考察带束层角度对全钢载重子午线轮胎性能的影响。结果表明: 随着带束层角度减小, 轮胎刚性增大, 下沉量减小, 接地面积减小, 有利于提高成品轮胎的强度性能; 轮胎肩部剪切应力减小, 生热降低, 有利于提高成品轮胎的耐久性能。成品轮胎耐久性能和强度性能试验验证了有限元仿真分析结果。

**关键词:** 带束层角度; 全钢载重子午线轮胎; 有限元分析; 接地面积; 剪切应力; 耐久性能; 强度性能

近年来, 我国公路建设和公路运输快速发展, 全钢载重子午线轮胎的需求量逐年增大。目前, 绝大部分长途客运汽车和相当数量的长途货运汽车使用全钢载重子午线轮胎。

为满足市场需求, 提高经济效益, 我公司开始研发了4层带束层结构的全钢载重子午线轮胎。带束层是轮胎的重要组成部分, 其设计合理性直接影响轮胎的使用寿命。本工作主要利用有限元仿真技术, 研究带束层角度变化对全钢载重子午线轮胎性能的影响。

## 1 方案设计

针对12R22.5 18PR全钢载重子午线轮胎, 根据材料分布图, 通过Abaqus/CAE软件建立轮胎二维对称轴模型; 设置胎圈与轮辋接触对, 实现轮胎的装配和充气工况; 橡胶采用CGAX3H和CGAX4H轴对称单元模拟; 带束层、胎体、钢丝包布和帘线采用SFMGAX1平面膜单元模拟, 钢丝帘线与橡胶之间的作用可使用\*rebar layer和\*embedded element来实现; 在二维模型基础上, 再使用\*symmetric modelgeneration命令建立三维模型, 轮辋和路面简化为解析刚体。轮胎二维和三维有限元模型如图1

所示。

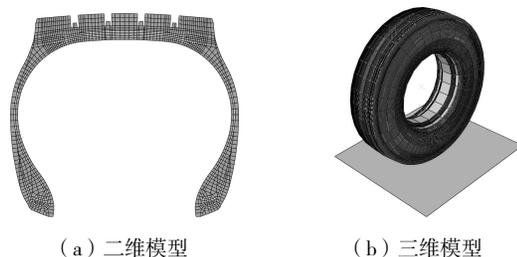


图1 轮胎有限元模型

本工作在充气 and 加载下对轮胎进行有限元仿真分析, 对轮胎充气后的接地面积、带束层剪切应力进行讨论分析。各种分析都在充气压力930 kPa和标准负荷3550 kg下进行。

1<sup>#</sup>带束层钢丝帘线结构为 $3 \times 0.20 + 6 \times 0.35$ HT, 密度为 $50 \text{根} \cdot \text{cm}^{-1}$ ; 2<sup>#</sup>和3<sup>#</sup>带束层钢丝帘线结构为 $3+8 \times 0.33$ HT, 密度为 $45 \text{根} \cdot \text{cm}^{-1}$ ; 4<sup>#</sup>带束层钢丝帘线结构为 $3 \times 4 \times 0.22$ HT, 密度为 $40 \text{根} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。带束层角度方案见表1。

## 2 结果与讨论

### 2.1 仿真实地分析

轮胎行驶过程中接地面积趋于矩形、接地压

表1 带束层角度方案 (°)

方案	1#带束层	2#带束层	3#带束层	4#带束层
方案1	60	20	20	20
方案2	52	20	20	20
方案3	52	15	15	15

力分布均匀,有利于改善轮胎的耐磨性能和抓着性能,并能有效降低轮胎使用过程中肩部应力,减少胎肩带束层端点处的生热,从而提高轮胎耐久性能。3种带束层角度方案的轮胎仿真接地印痕见图2,轮胎仿真接地尺寸见表2。

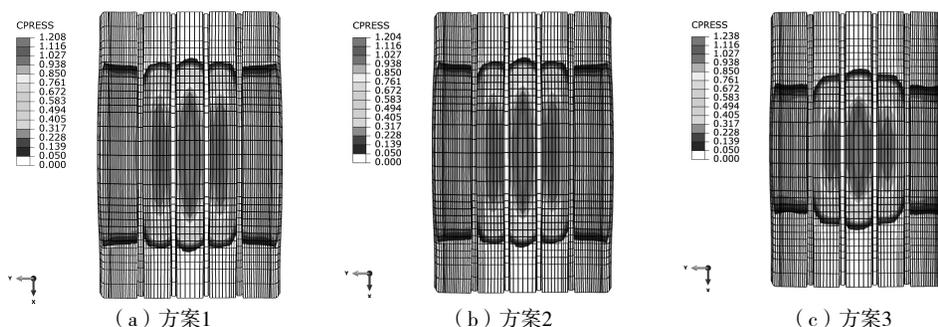


图2 轮胎仿真接地印痕

表2 轮胎仿真接地尺寸 mm

项目	方案1	方案2	方案3
横轴长	236.0	234.4	234.9
纵轴长	251.3	251.3	214.2
下沉量	33.7	33.8	24.9

从图2和表2可以看出:方案1和2的轮胎接地印痕、接地面积、下沉量相近,接地压力梯度变化不明显;方案3的轮胎接地印痕近似椭圆,接地面积比方案1和2小,下沉量明显减小,接地压力梯度变化明显。这说明随着带束层角度减小,轮胎刚性增大,下沉量减小,接地面积减小,接地压力集中,有利于提高轮胎强度性能。

## 2.2 带束层端点的剪切应力分析

全钢载重子午线轮胎带束层是轮胎主要承压

和受力部件之一,轮胎在行驶过程中带束层端点处会受到周期性的剪切应力。根据应变能最小理论,轮胎带束层端点应变能降低或分散有利于提高轮胎耐久性能,也就是说降低带束层端点的剪切应力可以提高轮胎耐久性能。充气 and 加载下的轮胎剪切应力分布分别见图3和4,带束层端点的剪切应力见表3。

从图3和4与表3可以看出:方案1和2的带束层端点的剪切应力接近,说明1#带束层角度变化对带束层端点的剪切应力影响较小;方案3的带束层端点的剪切应力较小,说明带束层角度整体减小会使带束层端点的剪切应力减小。根据应变能最小理论,剪切应力减小,该部位的生热会降低,有利于改善轮胎的耐久性能。

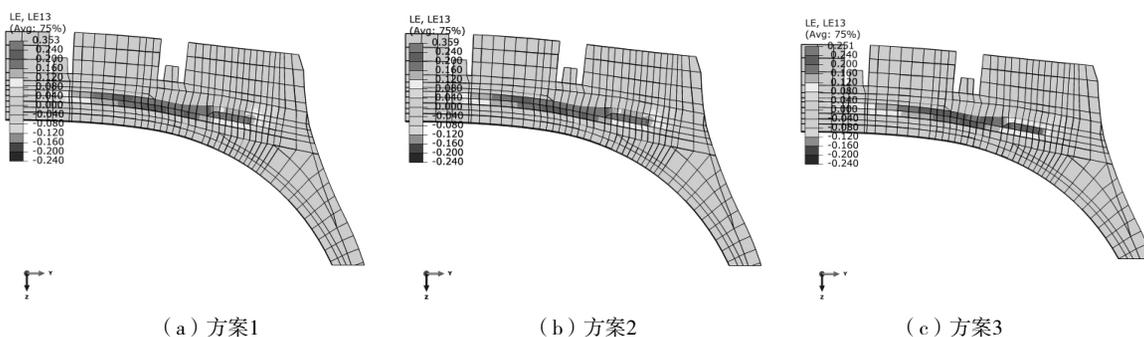


图3 充气下的轮胎剪切应力分布

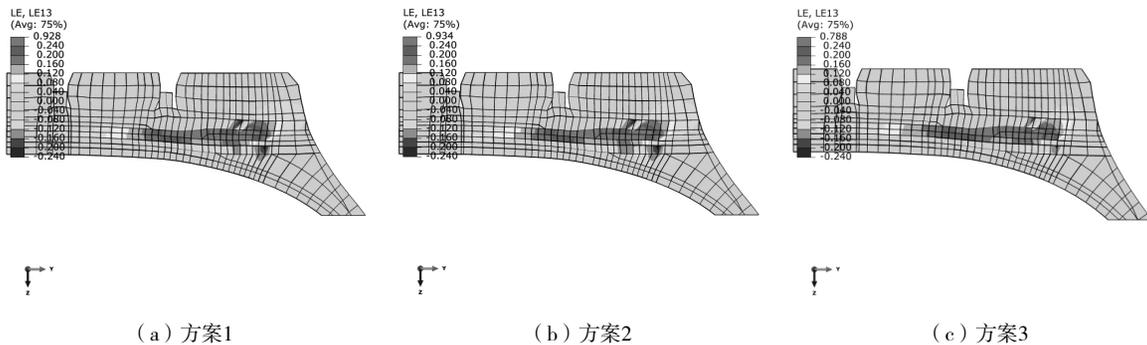


图4 加载下的轮胎剪切应力分布

表3 带束层端点的剪切应力

项目	方案1		方案2		方案3	
	充气	加载	充气	加载	充气	加载
1#带束层上	-5.4	-9.2	-5.4	-8.8	-4.7	-9.4
2#带束层下	2.7	13.2	2.8	13.5	1.6	10.2
2#带束层上	-5.1	-19.0	-5.2	-19.0	-3.5	-15.0
3#带束层下	-20.0	-53.0	-20.0	-53.0	-14.0	-44.0
3#带束层上	-7.7	-15.0	-7.8	-15.0	-5.7	-13.0
4#带束层下	-15.0	-8.2	-15.0	-8.3	-13.0	-10.0

### 2.3 成品轮胎性能

针对有限元仿真分析结果，采用方案1和3试制12R22.5 18PR无内胎全钢载重子午线轮胎，并测试其耐久性能和强度性能。成品轮胎耐久性能和强度性能见表4。其中耐久性能按照GB/T 4501—2008进行，试验条件：充气压力930 kPa，额定负荷3550 kg，初始行驶速度为55 km·h<sup>-1</sup>，轮胎行驶47 h后每10 h速度增大5 km·h<sup>-1</sup>，负荷率增大10%，直至轮胎破坏；强度性能按照GB/T 4501—2008进行，试验条件：充气压力930 kPa，压头直径38 mm，以一定速度压入胎冠直至刺穿爆破。

从表4可以看出：方案1轮胎的耐久性能为101.2 h，方案3轮胎的耐久性能为107.5 h，2种方案轮胎的耐久性能均达到国家标准47 h的要求，其

表4 成品轮胎耐久性能和强度性能

项目	方案1	方案3
耐久性能/h	101.2	107.5
强度性能/J	6096.1	7152.2

中方案3轮胎的耐久性能优于方案1轮胎；方案1轮胎的强度性能为6096.1 J，方案3轮胎的强度性能为7152.2 J，均满足国家标准2203 J的要求，方案3轮胎的强度性能优于方案1轮胎。说明随着带束层角度减小，轮胎肩部剪切应力减小，生热降低，有利于提高成品轮胎耐久性能；轮胎接地下沉量减小，有利于提高成品轮胎强度性能。

### 3 结论

通过有限元仿真技术，可以较准确地分析带束层角度对全钢载重子午线轮胎性能的影响，带束层角度对轮胎的接地印痕和接地面积影响较大。随着带束层角度减小，轮胎刚性增大，下沉量减小，接地面积减小，接地压力集中，有利于提高成品轮胎的强度性能；轮胎肩部剪切应力减小，生热降低，有利于防止轮胎肩空，提高成品轮胎的耐久性能。但带束层角度并不是越小越好，如果过小，会产生轮胎偏磨等问题，为追求完美的轮胎品质还需找到带束层角度的最佳方案。

## Effect of Belt Angle on TBR Tire Performance

Zhao Long<sup>1,2</sup>, Wan Tong<sup>1</sup>

(1. Tianjin University of Science and Technology, Tian Jin 300457, China; 2. Yinchuan Giti Tire Co., Ltd., Yinchuan 750021, China)

**Abstract:** In this study, the effect of belt angle on the performance of TBR tire was investigated via finite element analysis. It was found that when the belt angle decreased, the tire rigidity increased, tire deflection decreased, ground contact area decreased, and the strength performance of the finished tire was improved. Moreover, with the decrease of belt angle, the shear stress around tire shoulder decreased, the heat build-up was reduced, and the endurance performance of the finished tire was improved. The finite element simulation results were then confirmed by experimental testing of the endurance performance and strength performance of the finished tire.

**Keywords:** belt angle; TBR tire; finite element analysis; ground contact area; shear stress; durability; strength properties



### 信息·资讯

## 墨西哥轮胎市场稳步增长

咨询机构弗若斯特-沙利文 (Frost & Sullivan) 公司发布研究报告, 预测墨西哥轮胎市场在3~5年内将以7.4%的年均增长率增长。

2014年, 墨西哥替换轮胎市场销售收入为45亿美元, 其中乘用车轮胎和轻型载重轮胎销售收入为26亿美元, 中型载重轮胎销售收入为19亿美元; 由于消费者轮胎质量意识提高, 乘用车轮胎增长率将大于中型/重型载重轮胎。豪华轿车轮胎和轻型载重轮胎在乘用车轮胎中增长最快, 对大直径轮胎销量的贡献最大。翻新轮胎销售收入在重型载重轮胎销售收入中所占比例增大, 到2018年将达到1/4。2014年, 墨西哥轿车轮胎和轻型载重轮胎销量为2270万条, 中型/重型载重轮胎销量为320万条。预计到2019年轿车轮胎和轻型载重轮胎销量为3180万条, 商用车/公交车轮胎销量为470万条。

中产阶级规模扩大和购买力上升是推动墨西哥汽车和轮胎市场发展的主要因素。此外, 墨西哥一些地区路况较差也导致轮胎更换率高。需要指出的是, 墨西哥每年旧轮胎 (包括合法渠道和非正常渠道) 消费量约为200万条, 未来墨西哥替换轮胎市场仍将受到旧轮胎的干扰。

墨西哥市场大约有100个轮胎品牌, 其中普利司通、米其林、大陆、固特异和倍耐力五大品牌轮胎所占份额超过40%。

目前有6家外国轮胎公司即普利司通公司、大陆马牌公司、固铂轮胎公司、米其林集团、印度JK工业公司和倍耐力轮胎公司在墨西哥生产轮胎。2017年固特异轮胎公司也将加入该国轮胎生产阵营。

安琪