

# 235/35ZR19超低断面轿车子午线轮胎的设计

秦艳分, 张 典, 程 龙, 杨 哲

(中策橡胶集团有限公司, 浙江 杭州 310018)

**摘要:**介绍235/35ZR19超低断面轿车子午线轮胎的设计。利用有限元分析方法对3种轮廓设计方案进行分析, 选出最佳方案。结构设计: 外直径 643 mm, 断面宽 247 mm, 行驶面宽度 215 mm, 行驶面弧度高 8.2 mm, 胎圈着合直径 486.6 mm, 胎圈着合宽度 228 mm, 断面水平轴位置 ( $H_1/H_2$ ) 0.955, 采用非对称变节距花纹, 花纹深度 8 mm, 花纹周节数 35(左侧)和32(右侧)。施工设计: 胎面胶采用高白炭黑用量配合偶联剂, 带束层采用2+4×0.22HT钢丝帘线, 胎体采用2层1100dtex/2DSP聚酯帘布, 采用一次法成型机成型, B型液压双模定型硫化机硫化。成品性能试验结果表明, 轮胎的充气外缘尺寸、压穿强度、脱圈阻力、高速性能、耐久性能和低气压耐久性能均达到相应国家标准和产品研发要求。

**关键词:** 轿车; 子午线轮胎; 低断面; 有限元分析; 结构设计; 施工设计

**中图分类号:** U463.341<sup>+</sup>.4/.6; TQ336.1

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1006-8171(2021)04-0225-05

**DOI:** 10.12135/j.issn.1006-8171.2021.04.0225



OSID开放科学标识码  
(扫码与作者交流)

随着人民生活水平的提高, 消费者对轮胎性能的要求日益提高, 特别是对轮胎的节油性能、操控性能和安全性能等都有了更高的要求, 高性能轮胎越来越受到消费者的青睐<sup>[1-4]</sup>。为满足客户的需求, 我公司在进行广泛的市场调研后, 开发设计了235/35ZR19超低断面轿车子午线轮胎。

## 1 技术要求

根据GB/T 2978—2014《轿车轮胎规格、尺寸、气压与负荷》, 并结合ETRTO 2019确定235/35ZR19超低断面轿车子午线轮胎的技术参数为: 标准轮辋 8.5J, 充气外直径( $D'$ ) 647 (642.1~651.9) mm, 充气断面宽( $B'$ ) 241 (231.4~250.6) mm, 标准充气压力 290 kPa, 标准负荷 615 kg。

## 2 结构设计

### 2.1 轮廓设计

轮廓对轮胎性能起到重要作用, 轮廓设计参数的选取会影响到成品轮胎的操纵稳定性、制动

性能、滚动阻力和乘坐舒适性等<sup>[5]</sup>。

在该产品的轮廓设计中, 采用有限元分析方法对3种轮廓设计方案进行静负荷分析, 以确定最佳设计方案。图1为方案A, B, C的轮廓对比, 3个方案的轮胎外直径( $D$ )和断面宽( $B$ )相同。

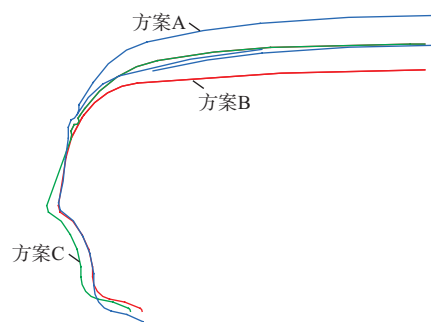


图1 3个设计方案的轮廓对比

从图1可以看出: 方案A与B的差别主要在胎肩部位; 方案B与C的差别主要在胎侧和胎圈部位; 方案A与C的差别主要在胎肩、胎侧和胎圈部位。

对各方案轮胎在充气压力为290 kPa、负荷为615 kg下进行仿真分析, 模拟轮胎装配、充气和加载过程。

#### 2.1.1 $D'$ 和 $B'$

3个方案轮胎的 $D'$ 仿真值均为645.6 mm, 方案A和B轮胎的 $B'$ 仿真值为244.2 mm, 方案C轮胎

**作者简介:** 秦艳分(1987—), 女, 浙江杭州人, 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工作。

**E-mail:** 254346017@qq.com

的 $B'$ 仿真值为246.0 mm。

根据技术要求可知,3种方案轮胎的 $D'$ 符合标准要求,方案A和B轮胎的 $B'$ 比方案C轮胎更接近标准值。

### 2.1.2 胎肩部位橡胶材料的剪应力

剪应力能够反映橡胶层与层之间的剪切破坏,其值越小越好。胎肩部位橡胶材料的剪应力分布见图2。

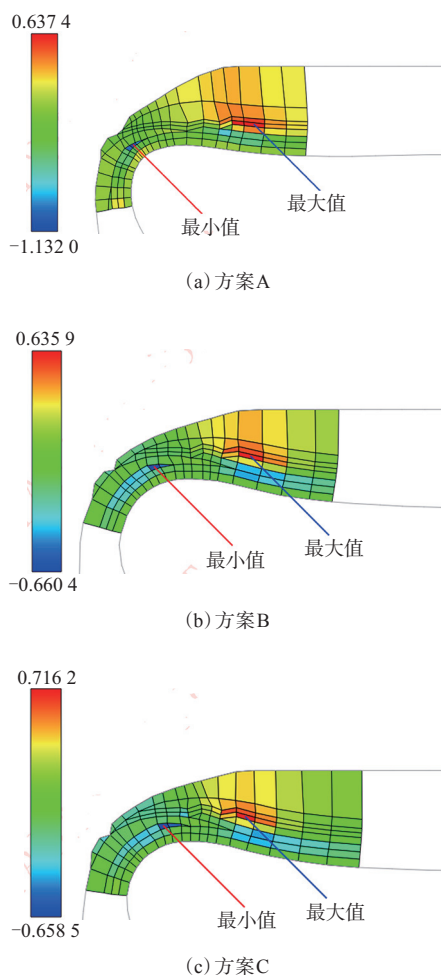


图2 胎肩部位橡胶材料的剪应力分布

由图2可见,方案A,B,C轮胎的胎肩部位橡胶材料的最大剪应力分别为0.637 4、0.635 9和0.716 2 MPa。因此,从剪应力分析,方案B最佳、方案A次之、方案C最差。

### 2.1.3 胎肩部位橡胶材料的应力

胎肩部位橡胶材料的应力分布如图3所示。

由图3可见,方案A,B,C胎肩部位橡胶材料的最大应力分别为3.821 2、2.935 5和3.094 4

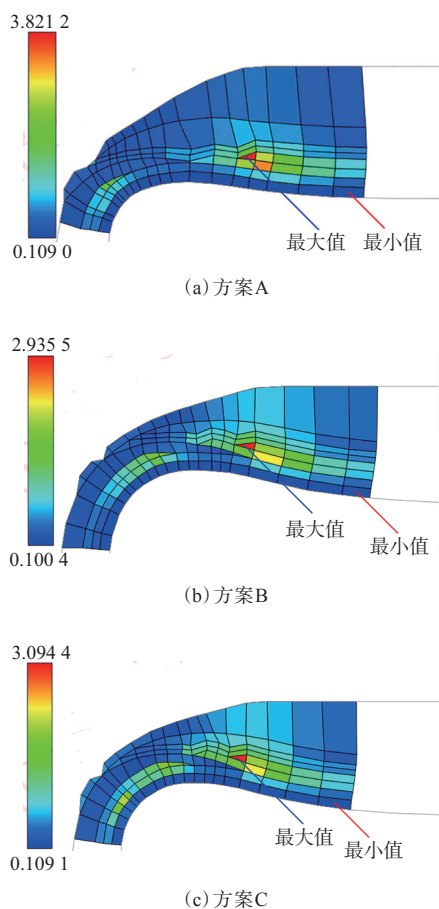


图3 胎肩部位橡胶材料的应力分布

MPa。因此,从胎肩部位应力分析,方案B最佳、方案C次之、方案A最差。

### 2.1.4 胎圈部位橡胶材料的应力

胎圈部位橡胶材料的应力分布如图4所示。

由图4可见,方案A,B,C轮胎的胎圈部位橡胶材料的最大应力分别为2.649 0、2.416 3和2.406 1 MPa。因此,从胎圈部位应力来看,方案C最好、方案B次之、方案A最差。

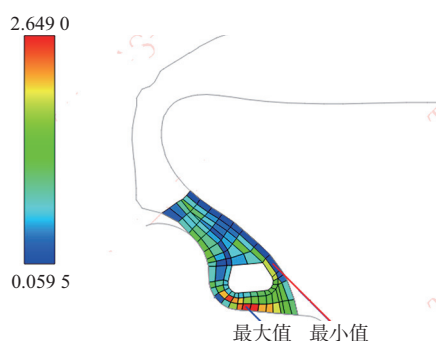
### 2.1.5 径向刚度

方案A,B,C轮胎的径向刚度分析结果分别为309.21、321.37和322.61  $\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$ ,由此可见,方案C径向刚度最大,承载能力最强,方案B次之,方案A最差。

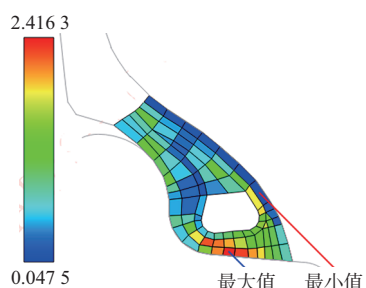
### 2.1.6 接地压力分布

轮胎接地压力分布如图5所示。

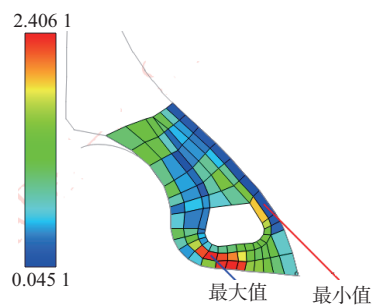
从图5可以看出,方案A轮胎的接地印痕形状和压力分布都明显比方案B和C轮胎差,方案B与C轮胎的印痕形状相似,但方案B轮胎的接地面积比



(a) 方案A



(b) 方案B



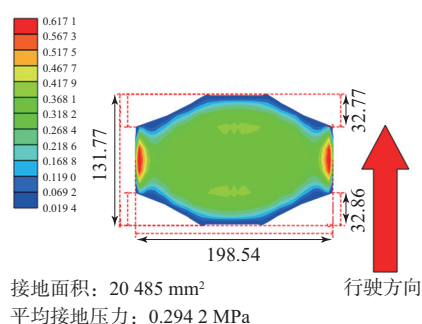
(c) 方案C

图4 胎圈部位橡胶材料的应力分布

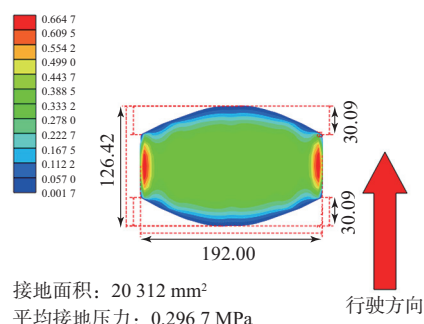
方案C轮胎大,平均接地压力比方案C轮胎小,因此方案B轮胎的接地压力分布相对较优。

综合上述分析可知,方案A轮胎的胎肩和胎圈部位应力最大,径向刚度最小,接地压力分布最差,首先排除方案A。方案B轮胎的优势比方案C轮胎更多,且方案C轮胎的胎肩部位剪应力和 $B'$ 偏大,因此,方案B为最佳方案。

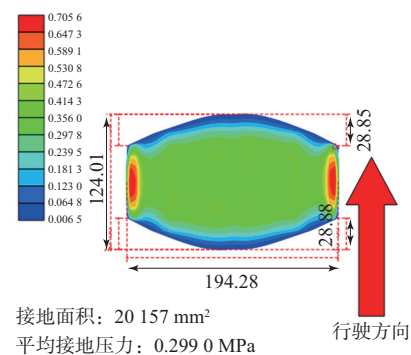
选用方案B的轮廓进行产品研发,其轮廓设计参数为: $D$  643 mm, $B$  247 mm,行驶面宽度 215 mm,行驶面弧度高 8.2 mm,胎圈着合直径 486.6 mm,胎圈着合宽度 228 mm,断面水平轴位置( $H_1/H_2$ ) 0.955。



(a) 方案A



(b) 方案B



(c) 方案C

图5 轮胎接地压力分布

## 2.2 花纹设计

花纹设计与轮胎的噪声、滚动阻力和湿地抓着力等均有密切关系,本次设计采用SA-37花纹,花纹沟深度为8 mm,花纹周节数为35(左侧)和32(右侧)。该花纹采用4条纵沟以保证排水性能,封闭式沟槽以减小胎面空气横向流动,降低噪声;左右独特的多维花纹和封闭式胎肩可降低轮胎噪声;内外不对称花纹设计,内侧细花纹沟能有效划破水膜,增大橡胶与地面的接触面积,外侧巨大胎肩花纹条设计可有效减少花纹块之间的蠕动,从而提升操控的精准性。

胎面花纹三维效果如图6所示。



图6 胎面花纹三维效果

### 3 施工设计

#### 3.1 胎面

胎面胶采用高白炭黑用量配合硅烷偶联剂,高白炭黑用量胎面胶能有效划破水膜,提升轮胎抗湿滑性能,配合偶联剂能有效降低轮胎生热和滚动阻力。

#### 3.2 带束层和胎体

根据轮胎的材料分布图设计计算出轮胎各个部件长度、宽度等胎坯成型参数。

根据强度计算,确定钢丝带束层、胎体帘布层和钢丝圈的设计参数。2层带束层均采用 $2+4\times 0.22$ HT钢丝帘线,裁断角度为 $26^\circ$ ;胎体采用2层1100dtex/2DSP聚酯帘布;钢丝圈选用直径为1.3 mm的胎圈钢丝,排列方式为 $4\times 6$ ,钢丝圈直径为492.6 mm。

#### 3.3 成型和硫化

采用一次法成型机成型,B型液压双模定型硫化机硫化。

### 4 成品性能

成品轮胎的充气外缘尺寸按照GB/T 521—2012《轮胎外缘尺寸测量方法》进行测量,压穿强度、脱圈阻力、高速性能、耐久性能和低气压耐久性能按照GB/T 4502—2016《轿车轮胎性能室内试验方法》进行测试,滚动阻力按照ECE R117—2016《关于轮胎滚动噪声、湿路面抓地力认证和滚动阻力的统一规定》进行测试。轮胎外缘尺寸、压穿强度和脱圈阻力的测试条件:充气压力 220 kPa,温度  $30^\circ\text{C}$ 。

#### 4.1 外缘尺寸

$D'$ 和 $B'$ 的测量值分别为648和241 mm,符合标准要求。

#### 4.2 压穿强度

轮胎压穿强度标准要求不小于617.4 J或者未压穿触及轮辋,测试结果为未压穿触及轮辋,符合标准要求。

#### 4.3 脱圈阻力

轮胎脱圈阻力标准要求不小于11 120 N,研发要求不小于11 342 N,测试值为12 556 N,符合标准和研发要求。

#### 4.4 高速性能

测试条件:充气压力 360 kPa,负荷 418.2 kg,温度  $38^\circ\text{C}$ ,初始试验速度  $260\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 。高速性能标准要求行驶时间不短于60 min,研发要求不短于75 min,测试结果为120 min,符合标准和研发要求。

#### 4.5 耐久性能

测试条件:充气压力 220 kPa,速度  $120\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ,温度  $38^\circ\text{C}$ ,轮胎耐久性能标准要求行驶时间不短于34 h,研发要求不短于80 h,测试结果为120 h。轮胎耐久性能达到标准和研发要求。

#### 4.6 低气压耐久性能

测试条件:充气压力 160 kPa,速度  $120\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ,温度  $38^\circ\text{C}$ 。轮胎低气压耐久性能标准要求行驶时间不短于35.5 h,研发要求不短于60 h,测试结果为100 h,轮胎低气压耐久性能达到标准和研发要求。

#### 4.7 滚动阻力

测试条件:充气压力 250 kPa,负荷 4.822 kN,速度  $80\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ,温度  $25^\circ\text{C}$ 。轮胎滚动阻力标准要求滚动阻力系数不大于 $10.5\text{ N}\cdot\text{kN}^{-1}$ ,测试值为 $8.45\text{ N}\cdot\text{kN}^{-1}$ ,滚动阻力达到标准要求。

### 5 结论

本次研发的235/35ZR19超低断面轿车子午线轮胎为高性能轿车轮胎,利用有限元分析方法对其轮廓进行优化,成品轮胎的充气外缘尺寸、压穿强度、脱圈阻力、高速性能、耐久性能、低气压耐久性能和滚动阻力均符合标准和研发要求。该

产品投放于欧盟市场,满足了顾客需求,深受用户好评。

### 参考文献:

- [1] 刘鹏,周忠伟,姜斐斐,等. 265/35R22 102Y轿车子午线轮胎的设计[J]. 轮胎工业,2019,39(7):403-405.  
[2] 黄兆阁,李长宇,孟祥坤,等. 235/45R18轮胎带束层帘线的优化设

计[J]. 橡胶工业,2020,67(3):209-213.

- [3] 孙熙林,卢京,王新宇,等. 不同花纹轮胎水滑特性分析[J]. 橡胶工业,2019,66(11):809-813.  
[4] 臧利国,尹荣栋,赵又群,等. 组合式内支撑安全轮胎的设计与仿真[J]. 哈尔滨工程大学学报. 2019(8):1517-1523.  
[5] 王国林,孙砚田,梁晨,等. 应用满应力理论的轮胎轮廓设计[J]. 吉林大学学报(工学版),2017(2):365-372.

收稿日期:2020-10-08

## Design on 235/35ZR19 Ultra Low Profile Passenger Car Radial Tire

QIN Yanfen, ZHANG Dian, CHENG Long, YANG Zhe

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

**Abstract:** The design on 235/35ZR19 ultra low profile passenger car radial tire was described. Three kinds of contour design schemes were analyzed by using the finite element analysis method, and the best scheme was selected. In the structure design, the following parameters were taken: overall diameter 643 mm, cross-sectional width 247 mm, width of running surface 215 mm, arc height of running surface 8.2 mm, bead diameter at rim seat 486.6 mm, bead width at rim seat 228 mm, maximum width position of cross-section ( $H_1/H_2$ ) 0.955, asymmetric variable pitch pattern, pattern depth 8 mm, and number of pattern pitches 35 (left) and 32 (right). In the construction design, highly silica-filled compound with coupling agent for tread, 2+4×0.22HT steel cord for belt, two layers of 1100dtex/2DSP polyester cord for carcass, using the single stage building machine to build tire, and B-type hydraulic double mold curing press to cure tire. It was confirmed by the tests of the finished tire that, the inflated peripheral dimension, press through strength, bead unseating resistance, high-speed performance, endurance and low-pressure endurance met the corresponding national standards and development requirements.

**Key words:** passenger car; radial tire; low profile; finite element analysis; structure design; construction design

### 一种子午线轮胎带束层分离结构

由福建省海安橡胶有限公司申请的专利(公布号 CN 111746201A, 公布日期 2020-10-09)

“一种子午线轮胎带束层分离结构”, 涉及一种子午线轮胎带束层分离结构, 从里向外包括帘布层、带束层和胎面。带束层为多层结构, 其中设有由分离的3条窄带束条和拼接在3条窄带束条间的2条窄胶条组成的增强带束层, 3条窄带束条分别为两侧窄带束条和中间窄带束条。本发明巧妙地采用分离的3条窄带束条与2条窄胶条拼接形成增强窄带束层结构, 尤其是中间窄带束条嵌入高伸长率的钢丝帘线, 能有效分散胎冠中部受力, 减少胎冠中部剥离的发生, 延长轮胎的使用寿命。

(本刊编辑部 马 晓)

### 木质素在制备子午线轮胎中的应用

由南京工业大学申请的专利(公布号 CN 111748133A, 公布日期 2020-10-09) “木质素在制备子午线轮胎中的应用”, 公开了木质素在子午线轮胎制备中的应用, 木质素可全部或部分替代间苯二酚, 同时, 木质素也可全部或部分替代防老剂。与现有技术相比, 本发明利用生物质来源的木质素或改性木质素全部或部分替代间苯二酚, 以达到降低成本和环保无毒的要求; 尤其是本发明采用脱甲基化改性后的木质素能够有效提高橡胶的各项性能。另外, 木质素作为防老剂可以提高子午线轮胎的耐热氧老化性能, 老化后性能变化率明显低于未添加木质素的子午线轮胎。

(本刊编辑部 马 晓)