

# 275/40RF19 105V XL 充气保用冬季轿车子午线轮胎的设计

李大鹏<sup>1,2</sup>

(1. 青岛科技大学 高分子科学与工程学院, 山东 青岛 266042; 2. 赛轮金宇集团股份有限公司, 山东 青岛 266500)

**摘要:**介绍275/40RF19 105V XL充气保用冬季轿车子午线轮胎的设计。结构设计:外直径 702 mm,断面宽 287 mm,行驶面宽 245 mm,行驶面弧度高 9.8 mm,胎圈着合直径 486 mm,胎圈着合宽度 254 mm,断面水平轴位置( $H_1/H_2$ ) 1.096,增加轮辋保护特殊设计,胎面采用非对称花纹设计,花纹深度 10 mm,花纹饱和度 70.9%,花纹周节数 59。施工设计:胎面采用三复合挤出,胎体采用2层1830dtex/2人造丝浸胶帘布,带束层采用3层 $3\times 0.28$ ST钢丝帘线,采用一次法成型机成型、B型硫化机氮气硫化。成品轮胎性能试验结果表明,轮胎充气外缘尺寸、强度性能、脱圈阻力、耐久性能、高速性能和零气压性能均满足相应的标准要求。

**关键词:**充气保用冬季轿车子午线轮胎;结构设计;施工设计

**中图分类号:**U463.341<sup>+</sup>.4/.6;TQ336.1<sup>+</sup>1 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-8171(2018)00-0000-05

轮胎对汽车的安全性至关重要,据交通安全部门统计,40%的交通事故由轮胎故障引起,其中爆胎引起的事故更占轮胎故障的70%以上。引起爆胎的原因主要有超载、尖锐物刺扎、撞击以及胎压不足等,其中特别需要关注胎压不足问题。轮胎一旦漏气就会变形缩小,使汽车失去平衡,驾驶员无法控制方向和制动,很容易引发交通事故。因此,全球各大轮胎生产商都在安全轮胎或缺气保用轮胎的研发方面投入巨大的精力。

目前国内轮胎企业也纷纷开始充气保用轮胎的研制和开发<sup>[1-2]</sup>。从市场反馈信息看,国产品牌在充气保用夏季轮胎方面发展迅速,已有数款产品上市,而更为复杂的充气保用冬季轮胎仅有极少数国际大品牌产品研制成功<sup>[3-4]</sup>。

为优化半钢子午线轮胎产品结构,增强品牌核心竞争力,我公司根据市场需求,自主研发了275/40RF19 105V XL充气保用冬季轿车子午线轮胎。该产品在性价比方面具有较强的竞争力,自投放市场以来取得了良好的效果,现将产品设计情况介绍如下。

**作者简介:**李大鹏(1983—),男,山东青岛人,青岛科技大学在职硕士研究生,赛轮金宇集团股份有限公司工程师,主要从事冬季轿车子午线轮胎结构设计和工艺管理工作。

**E-mail:**lidapeng@sailunjinyu.com

## 1 技术要求

根据ETRTO—2014《欧洲轮胎轮辋标准》,并参照GB/T 2978—2014《轿车轮胎规格、尺寸、气压与负荷》,确定275/40RF19 105V XL充气保用冬季轿车子午线轮胎的设计技术参数为:标准轮辋 9 1/2J,充气外直径( $D'$ ) 703(697~709) mm,充气断面宽( $B'$ ) 279(269~289) mm,标准充气压力 290 kPa,标准负荷 925 kg。

## 2 结构设计

外轮廓设计对轮胎的性能至关重要,合理的设计可使轮胎应力分布更均匀,延长使用寿命。本产品应用我公司基于先进设计理念自行开发的轮廓参数化设计软件进行轮廓参数的优选,使轮胎在充气负荷状态下具有良好的应力分布,提高轮胎的行驶安全性及操控稳定性。

### 2.1 外直径( $D$ )和断面宽( $B$ )

充气保用轮胎由于采用胎侧内支撑加强胶造成胎侧部位刚性很高,考虑到轮胎的整体刚性匹配,冠部钢丝带束层和锦纶冠带层刚性通常也较普通轮胎更高,因此充气保用轮胎在横向和径向的膨胀更小,本次设计 $D$ 取702 mm, $B$ 取287 mm。

### 2.2 行驶面宽度( $b$ )和弧度高( $h$ )

$b$ 值的选取主要影响轮胎的高速性能、耐磨性

能、操控性能、滚动阻力以及乘坐舒适性等,考虑到该产品采用非对称冬季轮胎花纹,对轮胎的抓着力和整体操控性能要求较高,因此本次设计 $b$ 取245 mm; $h$ 的取值影响轮胎的接地印痕,根据以往冬季轮胎设计经验并结合有限元模拟仿真结果, $h$ 取9.8 mm。

### 2.3 胎圈着合直径( $d$ )和着合宽度( $C$ )

为保证轮胎在行驶过程中胎圈不与轮辋产生滑移和漏气现象,胎圈与轮辋一般均采用过盈配合,而补气保用轮胎在漏气后此处的束缚力更低,为增强胎圈与轮辋间的嵌合力, $d$ 取486 mm。

$C$ 的取值一般根据轮胎与轮辋的配合程度来确定,而补气保用轮胎由于内支撑加强胶的存在造成胎侧部位刚性很高,为改善轮胎在充气负荷下胎圈部位的应力分布,提高胎圈部位的支撑性能及装配性能,本次设计 $C$ 取254 mm。

### 2.4 断面水平轴位置( $H_1/H_2$ )

断面水平轴位置对轮胎应力分布影响很大,考虑到补气保用轮胎的驾驶舒适性以及在零气压下胎侧的受力变形,经过有限元仿真模拟,将零气压下轮胎胎肩到胎侧的应力集中点设计在上胎侧位置(见图1)。在轮胎漏气情况下,为防止胎圈部位受损出现脱圈导致车辆行驶失控,本次设计 $H_1/H_2$ 取1.096。轮胎断面轮廓如图2所示。

### 2.5 胎圈宽度( $W$ )

考虑到轮胎在漏气情况下行驶时胎圈部位直接与轮辋接触,承担部分压力,为提高胎圈强度,本次设计 $W$ 值较普通轮胎偏大,取16.5 mm。

### 2.6 轮辋保护

通常带有轮辋保护的轮胎产品多为低断面、

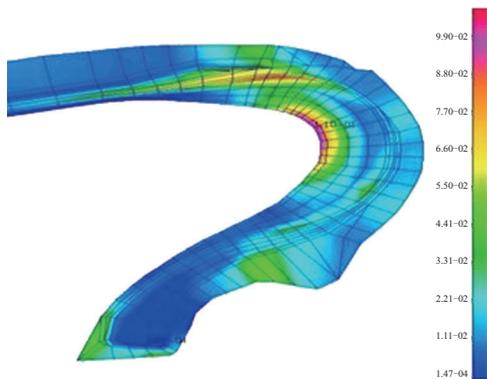


图1 有限元仿真模拟轮胎应力分布

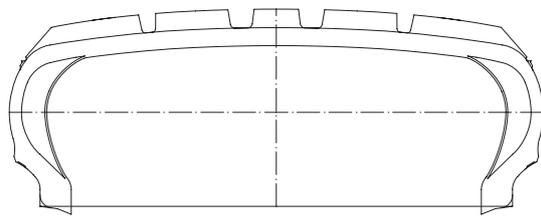


图2 轮胎断面轮廓示意

大尺寸规格,目的是增强轮胎美观度和保护昂贵的合金轮辋,尤其近几年随着高档SUV车型的不断推出,越来越多SUV轮胎已开始尝试增加轮辋保护。本次设计的轮辋保护宽度为3.2 mm,厚度为4.2 mm。

### 2.7 胎面花纹

胎面采取全新的非对称花纹设计,同时运用噪声仿真软件,对花纹块沟分布和节距排列等进行模拟仿真,在保证其他性能不降低的前提下,选取噪声最优方案,经实胎检测,噪声值达到欧洲ECE-R117法规第二阶段指标要求( $\leq 73$  dB)。花纹深度为10 mm,饱和度为70.9%,花纹周节数为59。花纹设计重点突出轮胎在冰雪路面上的操控性能和行驶安全性<sup>[5]</sup>,具有如下主要特点。

(1) 外侧花纹块加宽设计,在冰雪路面上可使轮胎在正常行驶和转弯时均具备更有效的牵引和制动能力。

(2) 内侧增加横向花纹沟槽数量,并呈交叉方向排列,有效提升轮胎在横向和纵向的牵引力,减少轮胎侧滑。

(3) 胎肩呈立体式直角台阶设计,增大了轮胎深入积雪时的抓着力,可起到防侧滑的作用。

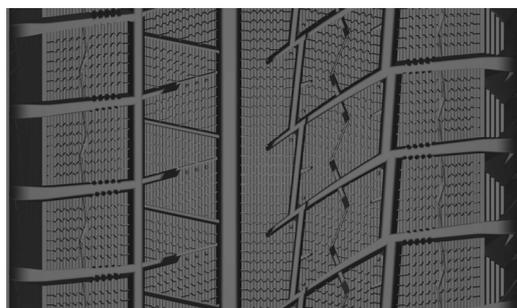
(4) 内外胎肩横沟锯齿状沟槽设计,可以紧密包裹雪块,获得稳定的雪面作用力,提升冰雪路面的牵引性和制动性。

(5) 花纹块中植入细密的立体锯齿刀槽,在牵引或制动时,刀槽内部花纹块可相互咬合,维持花纹块恰当的刚性,提升干/湿路面的抓着力。

胎面花纹如图3所示。

## 3 施工设计

施工设计采用有限元应力模拟分析,优选最佳的半成品材质及尺寸,以实现轮胎生产制造初期的材料分布适应其在实际使用中的受力情况。



(a) 局部展开



(b) 整体

图3 胎面花纹示意

### 3.1 胎面

胎面采用复合式结构,即上层为冰雪性能优异的低硬度软胶,下层为耐磨、抗撕裂的高硬度硬胶,两侧为具有较高粘性的翼胶,胎面结构如图4所示。



图4 胎面结构示意图

上层软胶和下层硬胶在胎面各个部位的厚度需合理搭配,单一厚度不能充分发挥轮胎在冰雪路面的操控性能。

胎面中间部位软胶厚度约占胎面整体厚度的60%,此处较多的软胶可以保证胎冠中间部位与地面良好接触,提高轮胎的牵引性能和制动性能。

胎肩部位硬胶厚度约占胎面整体厚度的60%,此处较多的硬胶可以保证胎肩部位的花纹块刚性,增大转向回正力矩和防止轮胎侧滑。

胎面中间和胎肩部位之间的区域软硬胶厚度各占胎面整体厚度的50%,使胎面整体硬度过渡平缓,各部位性能衔接恰当,防止激烈过渡造成的胎

面异常磨损。

胎面中心部位设计有宽2.5 mm的导电槽,目的是将轮胎内部的静电导至轮胎外侧,保障轮胎行驶安全。成品轮胎截面如图5所示。

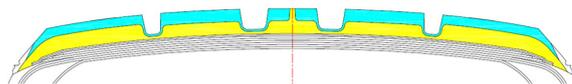


图5 成品轮胎截面示意

该复合式胎面设计是基于冬季轿车子午线轮胎的实际使用环境。对于新轮胎(花纹沟深度尚未磨损至一半),当用于冰雪路面上时可以充分发挥上层软胶优异的冰雪性能;当用于冬季干燥路面时,下层硬胶可以支持上层软胶,防止花纹块塌陷,保持一定的花纹块刚性,使轮胎具备良好的磨损里程和干地操控性。对于旧轮胎(花纹沟深度磨损超过一半),用户已不再当做冬季轮胎使用,此时轮胎多用于干燥路面,下层硬胶可以充分发挥高耐磨、抗撕裂等性能,延长轮胎的使用寿命。

胎面挤出采用三复合挤出机,螺杆直径分别为200,150和120 mm,分别挤出上层软胶、下层硬胶和翼胶。为保证软胶、硬胶挤出体积基本相同,必须降低 $\Phi 200$ 螺杆转速、提高 $\Phi 150$ 螺杆转速且挤出线速度不能太快,如 $\Phi 150$ 螺杆转速太快容易引起硬胶焦烧。合理的挤出速度匹配为: $\Phi 200$ 和 $\Phi 150$ 螺杆转速分别约为6和18~20  $r \cdot \min^{-1}$ ,挤出线速度控制在15  $m \cdot \min^{-1}$ 以下。该挤出方式的优点是可与普通产品共用挤出设备,节省设备成本,缺点是挤出速度较慢,硬胶易焦烧。

### 3.2 冠带层

为提高补气保用冬季轿车子午线轮胎胎冠刚性、保证零气压性能和强度性能,需在带束层上增加2层冠带层,冠带层采用932dtex/2锦纶66浸胶帘布,宽度大于1#带束层10 mm,并采取无接头方式缠绕。

### 3.3 带束层

带束层结构对轮胎高速性能及实际使用性能影响很大,冬季轮胎由于花纹块被切割得很细碎,造成冠部刚性相对普通轮胎较低,同时由于补气保用轮胎胎侧内支撑加强胶的存在,造成胎冠部位相对胎侧部位刚性更低。为合理匹配补气保用冬季轮胎的整体刚性,本次设计带束层采用3层开

放型 $3 \times 0.28$ ST钢丝帘线,安全倍数达到12,排列角度采取交叉排列,其中1<sup>#</sup>和2<sup>#</sup>带束层裁断角度取 $27^\circ$ ,3<sup>#</sup>带束层取 $50^\circ$ 。

大角度的3<sup>#</sup>带束层主要起提高冠部刚性和增强缓冲功能的作用。一般1<sup>#</sup>带束层宽度与行驶面宽度的比值取 $0.95 \sim 1.05$ ,为保证冬季轿车子午线轮胎冠部压力分布均匀,该比值确定为1.04。2<sup>#</sup>和3<sup>#</sup>带束层宽度按1<sup>#</sup>带束层宽度递减10 mm。

带束层伸张比影响成品轮胎带束层的角度,由于该轮胎采用活络模硫化,因此带束层伸张比取1.035。

### 3.4 胎体

补气保用轮胎由于采用胎侧内支撑加强胶使胎侧部位刚性很高,造成轮胎舒适性相对较差且胎侧发热较高。为改善此方面性能,本次设计胎体采用2层1830dtex/2人造丝浸胶帘布,安全倍数达到21。人造丝胎体帘布较普通聚酯胎体帘布生热更低,胎侧柔韧性更好,更能保障行驶的安全性和舒适性。

1<sup>#</sup>胎体帘布宽度设计时需保证帘布反包端点高过三角胶端点20 mm左右。

2<sup>#</sup>胎体帘布宽度设计时需保证帘布反包端点高过钢丝圈上沿5 mm左右。

### 3.5 下胎侧增强层

补气保用轮胎在零气压下承载行驶时,由于缺少充气内压对胎圈部位的作用力,极易造成轮胎与轮辋脱离。为增大胎圈部位对轮辋的束缚力,设计下胎侧增强层,增强层材料为 $3 \times 0.25$ ST钢丝帘线,裁断角度取 $24^\circ$ 。

增强层下端点需保证高过钢丝圈上沿10 mm左右,上端点需保证高过三角胶端点10 mm左右,成型时将增强层敷贴在三角胶内侧。

### 3.6 钢丝圈

钢丝圈选用 $\Phi 1.2$  mm回火胎圈钢丝,覆胶后单丝直径为1.6 mm。单丝缠绕的六角形钢丝圈的排列方式为4-5-6-5,安全倍数达到17。

采用六角形钢丝圈可提高轮胎在使用过程中胎圈部位的稳定性,保证胎圈底部接触面与轮辋曲线配合良好。

### 3.7 成型

成型采用一次法成型机,冠包侧工艺。成型

鼓采用双层补气保用轮胎专用成型鼓,机头直径为463 mm,机头成型平宽为428 mm。成型平宽与帘线假定伸张值有关,帘线假定伸张值的选取取决于胎体帘线的物理性能和压延工艺,其对轮胎外观质量和轮胎耐久性能影响很大,本次设计帘线假定伸张值取1.033。

### 3.8 硫化

采用B型硫化机,氮气硫化工工艺。硫化条件为:外温  $158 \sim 162^\circ\text{C}$ ,内温  $200 \sim 209^\circ\text{C}$ ,内压  $1.5 \sim 1.9$  MPa,总硫化时间 26 min。采用氮气硫化可提高生产效率,而且节能环保,符合低碳的发展趋势。

## 4 成品性能

### 4.1 外缘尺寸

安装在标准轮辋上的成品轮胎在标准充气压力下,按照GB/T 521—2012《轮胎外缘尺寸测量方法》进行测量,轮胎充气外直径和充气断面宽分别为702和279 mm,符合设计要求。

### 4.2 强度性能

按照GB/T 4502—2016《轿车轮胎性能室内试验方法》进行成品轮胎强度性能测试,试验条件为:充气压力 220 kPa,压头直径 19 mm。试验结果表明,前4点最小破坏能为589.3 J,轮胎未压穿,第5点轮胎被压穿时的最小破坏能为670.5 J,成品轮胎强度性能良好,满足国家标准要求。

### 4.3 脱圈阻力

按照GB/T 4502—2016进行成品轮胎脱圈阻力测试,试验条件为:充气压力 220 kPa,A型压块,压头速度  $50 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ 。试验结果表明,第5点脱圈阻力为13 970.9 N时轮胎从轮辋上脱开,满足国家标准要求( $\geq 11 120$  N)。

### 4.4 耐久性能

按照企业标准进行耐久性试验,试验条件和结果如表1所示。成品轮胎累计行驶时间为47.13 h,累计行驶里程为5 218.02 km,试验结束时胎肩崩花,轮胎耐久性能良好,符合企业标准要求。

### 4.5 高速性能

按照企业标准进行高速性能试验,试验条件为:充气压力 340 kPa,试验负荷 925 kg,初始速度  $200 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。完成规定程序后,每行驶

表1 耐久性试验条件和结果

项 目	试验阶段								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
负荷率/%	85	90	100	0	100	0	110	120	130
行驶时间/h	4	6	24	0.25	2	0.25	4	4	3.13

注:标准充气压力 290 kPa,额定负荷 925 kg。

10 min试验速度提高10 km·h<sup>-1</sup>,直到轮胎损坏为止。成品轮胎最高行驶速度为270 km·h<sup>-1</sup>,累计行驶时间为98 min,试验结束时上胎肩崩花,符合企业标准要求。

#### 4.6 零气压性能

按照企业标准(参照ISO 16992:2010制定)进行零气压性能试验,试验条件为:充气压力 0,试验负荷 601.25 kg,在5 min内将轮胎行驶速度由0提高到80 km·h<sup>-1</sup>;再按照80 km·h<sup>-1</sup>速度继续行驶直至轮胎损坏,累计行驶时间为2.05 h,试验结束时胎里支撑胶损坏,符合企业标准要求。

## 5 结语

275/40RF19 105V XL补气保用冬季轿车子午线轮胎的设计符合我公司现有生产工艺要求,

成品轮胎外缘尺寸、强度性能、脱圈阻力、耐久性、高速性能和零气压性能均满足相应的标准要求。该产品投放市场后反馈良好,能够满足顾客需求,取得了良好的经济效益和社会效益。

#### 参考文献:

- [1] 林丽玉,曹辉,王志远,等. 225/50ZRF17 94W 跑气保用轿车轮胎的研发[J]. 轮胎工业,2015,35(9):531-538.
- [2] 李亚东,冯希金,田健. 补气保用轮胎结构设计有限元仿真[J]. 世界橡胶工业,2014,41(12):21-25.
- [3] 越智直也,桥本贤人. 充气轮胎[P]. 中国:CN 103826873B,2016-08-17.
- [4] 陈亚婷,董康,张勇,等. 具有双层胎面的四季用轮胎[P]. 中国:CN 106183636A,2016-12-07.
- [5] 刘鹏,刘淑娇,赵敏,等. 235/60R18 107T冬季镶钉轿车子午线轮胎设计[J]. 轮胎工业,2015,35(12):728-731.

收稿日期:2018-01-31

## Design on 275/40RF19 105V XL Run-flat Winter Passenger Car Radial Tire

LI Dapeng<sup>1,2</sup>

(1. Qingdao University of Science & Technology, Qingdao 266042, China; 2. Sailun Jinyu Group Co., Ltd, Qingdao 266500, China)

**Abstract:** The design on 275/40RF19 105V XL run-flat winter passenger car radial tire was described. In structure design, the following parameters were taken: overall diameter 702 mm, cross-sectional width 287 mm, width of running surface 245 mm, arc height of running surface 9.8 mm, bead diameter at rim seat 486 mm, bead width at rim seat 254 mm, maximum width position of cross-section ( $H_1/H_2$ ) 1.096, adding rim protection design, unsymmetrical pattern design for tread, pattern depth 10 mm, block/total ratio 70.9%, the number of pattern pitches 59. In construction design, the following processes were taken: three-coextrusion for tread, 2 layers of 1830tex/2 rayon cord for carcass, 3 layers of 3×0.28ST steel cord for belt, using one stage building machine to build tire and B type press to cure tire with nitrogen. It was confirmed by the finished tire test that, the inflated peripheral dimension, strength, bead unseating resistance, endurance performance, high speed performance and zero pressure performance met the requirements of corresponding standards.

**Key words:** run-flat winter passenger car radial tire; structure design; construction design