

LT245/75R16 120/116S 10PR AT越野型 轮胎的设计

蔡莹莹

[佳通轮胎(中国)研发中心,安徽 合肥 230601]

摘要:介绍LT245/75R16 120/116S 10PR AT越野型轮胎的设计。通过对胎面花纹进行优化设计,并重点对胎面钢片数量、沟槽深度进行搭配设计以及调整沟槽的形态和尺寸,使其兼顾夏季越野轮胎和雪地越野轮胎的综合性能。轮胎模拟仿真分析和成品性能试验结果表明,本设计轮胎不仅具有优异的雪地性能,还具有卓越的普通路面干湿地操控性能和非铺装路面的爬坡越野性能。

关键词:全地形越野型轮胎;结构设计;雪地牵引性能;成品轮胎性能

中图分类号:TQ336.1;U463.341⁺.2

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2023)07-0406-05

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2023.07.0406



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

全地形(AT)越野型SUV轮胎一般具有高速通过性和越野爬坡、恶劣路面抗撕裂等综合性能。针对市场需求,如西藏、西北路况,山区较多,冬季山路积雪较多,越野车型及轮胎的客户越来越多地要求其适配的AT轮胎不但要具有较强的越野通过性,而且能兼顾冬季气候多变、山地较多且常有薄雪的越野市场需求^[1]。因此,越来越多的汽车及轮胎厂家会通过增加雪地抓着性能测试,使轮胎的雪地牵引及制动抓着指数达到雪地标识标准,并在轮胎胎侧上增加雪峰标识^[2-3]。

由于冰雪地性能的影响因素主要有胎面胶配方、花纹沟槽设计、花纹钢片数量及深度,因此提高轮胎的冰雪地性能主要是从胎面胶配方和花纹设计入手。对于AT轮胎的胎面胶配方,其胶料应具有一定的越野抗撕裂性能,因此本设计的AT轮胎既要保证其正常路况的操控越野抗撕裂性能,又要能提高轮胎的冰雪地抓着性能,不能单一地只调整胎面胶配方,而必须要攻破胎面花纹设计的瓶颈,使其既不会影响轮胎的干湿地及越野路况的性能,又能较大幅度地提高轮胎的雪地抓着

性能^[4-6]。

LT245/75R16 120/116S 10PR AT越野型轮胎具有雪地牵引性能,保留了胎面的主花纹样式,通过对胎面花纹进行优化设计,并重点对胎面钢片数量、沟槽深度进行搭配设计,以及调整沟槽的形态和尺寸来提高轮胎的雪地抓着性能,使其兼顾夏季越野轮胎和雪地越野轮胎的综合性能,适用于AT全气候路况的越野车型。现将其设计情况介绍如下。

1 胎面花纹设计

冠部有4条主沟,其中胎冠1/4处有两条直纵沟,确保了轮胎的湿地排水和高速直线稳定性;冠部中心呈现折弯的曲折沟槽设计,提高了非铺装路面的抓着性能和越野爬坡等性能;肩部宽大的块状设计,保证了转向操控性能;冠部壮实的花纹块设计,精确的刚性匹配,能应对各种复杂路况。

轮胎胎面花纹见图1。

1.1 胎面花纹块

胎面花纹块设计特征如下:(1)靠近肩部的两条花纹纵沟为等宽设计,每条纵沟宽度为总接地面宽度的 $6.5\% \pm 0.5\%$,有利于提高花纹块的排水及直线操控性能;(2)肩部块的横向宽度为单个花纹节距的 $55\% \pm 2\%$,每个节距均由两个肩部

作者简介:蔡莹莹(1986—),女,安徽合肥人,佳通轮胎(中国)研发中心工程师,硕士,主要从事半钢轮胎的开发、结构设计及管理工作。

E-mail:cai.yingying@giti.com



图1 胎面花纹

花纹块组成；(3)胎面花纹由3个独立的花纹块组成,冠部花纹块占总接地面宽度的比例分别为 $17\% \pm 1\%$, $16\% \pm 1\%$ 和 $27\% \pm 1\%$ 。

1.2 胎面花纹加强筋

冠部中心花纹块采用加强筋(见图2)嵌入花纹沟槽中。加强筋的高度为周向沟槽深度(GD)的 $60\% \pm 5\%$,宽度为相连的花纹块宽度的 $60\% \pm 5\%$,使得中心胎面花纹块连成一体,保证了高速稳定性和越野通过性,同时提高了花纹块的整体刚性、抓着操控性能及雪地湿抓着性能。

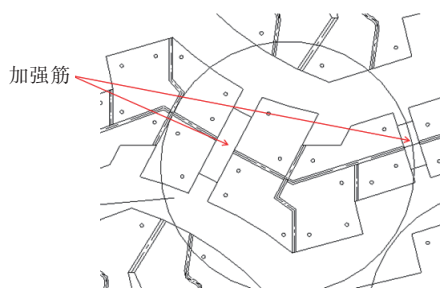


图2 胎面花纹加强筋示意

1.3 胎面花纹钢片布局

胎面花纹钢片布局及钢片深度分布见图3—5,冠部花纹块的钢片代号主要为31,32和34,冠部1/4处花纹块的钢片代号主要为31和33,肩部花纹块的钢片代号主要为31和32; a, b, c 分别为钢片槽的第1、第2和第3深度。

由于AT轮胎的花纹块较大,要通过法规严苛的雪地测试,同时不影响其干湿地及越野路况的性能,需要重点设计钢片的两个属性:一是合理设计胎面钢片的分布、形态和数量;二是合理设计钢片深度,保证胎面花纹块的整体刚性。

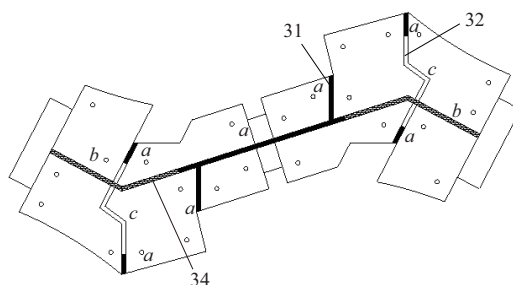


图3 冠部花纹块的钢片代号

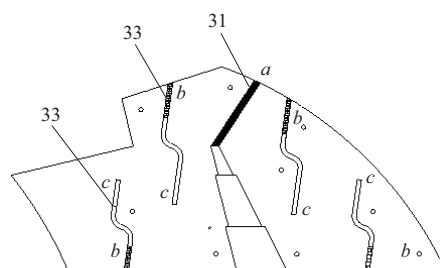


图4 冠部1/4处花纹块的钢片代号

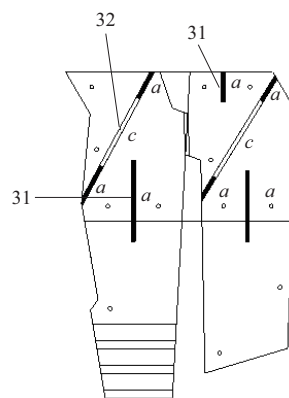


图5 肩部花纹块的钢片代号

本设计沿轮胎圆周方向延伸的4条周向沟槽与沿轮胎宽度方向外侧延伸的横向沟槽将胎面划分成多个花纹块,花纹块由轮胎内侧至外侧依次包括内侧肩部块、内侧靠中央块、中间块、外侧靠中央块和外侧肩部块。花纹块上设置多种类型的深度不同和/或深度为台阶状分布的钢片槽,通过深钢片槽与浅钢片槽的搭配,形成精确的花纹刚性,确保了越野性能与雪地性能二者能够兼得。

在胎面花纹上设置4种类型的钢片槽,包括第1类钢片槽31(钢片代号,下同)、第2类钢片槽32、第3类钢片槽33和第4类钢片槽34。第1类钢片槽31分布在内侧肩部块和外侧肩部块的两侧边缘位置;第2类钢片槽32的开槽方向倾斜于内侧肩部块

或外侧肩部块的布置方向,此钢片槽32的一端与周向沟槽连通,另一端与横向沟槽连通;第3类钢片槽33设置在内侧靠中央块和外侧靠中央块的每一个花纹块上,此钢片槽33的第3深度部分采用弯折结构,折弯的效果主要是提高恶劣路面和雪地路面的抓着性能,内侧靠中央块和外侧靠中央块为花纹块接地面中主要的驱动块,是影响雪地抓着性能的关键,弯曲的钢片使得轮胎花纹接地时各方向的受力更均匀,有效地吸收水分、排水以及提高抓着性能。单个节距内相邻的两个花纹块之间也可以采用第1类钢片槽31进行分割。中间块的折弯型花纹筋上设置了第1类钢片槽31、第2类钢片槽32和第4类钢片槽34。在中间块的单个节距中的相邻花纹块之间设置了加强筋,可进一步提高轮胎的刚性和抓着性能。

1.4 胎面花纹钢片深度

胎面花纹钢片槽的深度 a 、 b 和 c 逐渐递增,并满足如下关系: $a = GD \times (40\% \pm 2\%)$; $b = GD \times (60\% \pm 2\%)$; $c = GD \times (85\% \pm 2\%)$ 。第1类钢片槽31的沟深为 a ;第2类钢片槽32为台阶状沟深,其两端的沟深为 a ,中部的沟深为 c ;第3类钢片槽33为台阶状沟深,其连接周向沟槽的一端的沟深为 b ,朝向花纹块的一端的沟深为 c ;第4类钢片槽34的沟深为台阶状沟深,其两端的沟深为 b ,中部的沟深为 a 。

(1)第1类钢片槽31均为纵向短钢片,分布在中间块的两侧边缘位置,并与周向沟槽连通,因此钢片深度只有 a 一种。

(2)第2类钢片槽32的形态较为复杂,为了避免刚性分布不均,采用台阶状沟深设计,当钢片槽与花纹沟槽连接时,连接处5 mm钢片深度均采用 a ;当钢片槽与花纹块连接时,钢片深度采用 c ,可提高雪地抓着性能,有利于力的渐进分布,增大花纹块的整体刚度,提高抗撕裂性能。

(3)第3类钢片槽33为台阶状沟深设计,当钢片槽与花纹沟槽连接时,连接处5 mm钢片深度均采用 b ;当钢片槽与花纹块连接时,钢片深度采用 c ,有利于力的渐进分布,提高雪地抓着性能。

(4)第4类钢片槽34为周向长钢片,其设置方向与中间块的布置方向相同,呈S形分布,采用台阶状沟深设计,钢片槽在中间块单个节距的两侧

边缘连接处5 mm时钢片深度采用 b ,钢片槽中间部分钢片深度采用 a ,可提高雪地抓着性能。在中间块的单个节距中的相邻花纹块之间设置了加强筋,可进一步提高刚性及抓着性能。单个节距内相邻的两个花纹块之间也可以采用第1类钢片槽31进行分割。第1类钢片槽和第2类钢片槽均与第4类钢片槽连通,中间块上的钢片槽设计,能够提高轮胎的排水性能,保持良好的胎面刚性和冰雪地抓着力。

综上所述,3种深度的钢片可搭配使用,花纹的肩部主要是由 a 和 c 两种深度的钢片组成,对于小于10 mm的钢片,采用较浅的深度 a ;对于大于10 mm的较长钢片,采用钢片3等分的台阶状沟深设计,深度分别为 a 、 c 、 a ;在冠部1/4处的花纹块上,采用5个钢片均匀地将花纹块分割,深度为 b 和 c ,其中,当钢片与花纹沟槽连接时,连接处5 mm钢片深度均采用 b ,采用台阶状沟深设计,用以过渡花纹沟槽与钢片刚性分布,当钢片与花纹块连接时,钢片深度采用 c ,提高雪地抓着性能;在花纹冠部中心位置的折弯型花纹筋上,采用周向长钢片和纵向短钢片将中心筋分割,周向长钢片深度采用 a 和 b ,分布为 b 、 a 、 b ,钢片样式形态与所在花纹块保持平行,连接中心筋花纹块。

2 轮廓设计

采用宽大的接地面设计,胎冠宽度与名义断面宽之比为77%;胎冠采用二段弧设计,确保了接地面积,保证了高速良好的操控性能,断面宽和上胎侧弧均根据作图法得出,可以确保轮胎的轮廓受力均匀,保证良好的操控性能及复杂路况下的越野通过性能。

3 结构设计

综合以上AT轮胎花纹及钢片深度设计,本设计轮胎采用加深的主沟深设计和加强的胎体材料设计,加上胎侧保证装置及胎圈轮辋保护装置,使其成为一款具有雪地牵引及制动性能的AT轮胎,不仅具有优异的雪地性能,而且具有卓越的普通路面的干湿地操控性能和非铺装路面的爬坡越野性能,为需要远途的车主提供了极大的安全保障。

4 轮胎模拟仿真分析

4.1 花纹边际密度分析

本设计轮胎的花纹刚性分析结果如表1所示,花纹刚性分布模拟分析数据如图6所示。

从表1可以看出,本设计轮胎的花纹周向和横向边际密度均大于竞品。

表1 轮胎的花纹刚性分析结果

项 目	本设计轮胎	竞品1	竞品2
周向边缘密度指数	126.46	115.23	120.45
横向边缘密度指数	114.89	110.11	113.88
纵向刚性指数(均值)	9.80	10.67	10.17
横向刚性指数(均值)	11.24	9.98	11.46

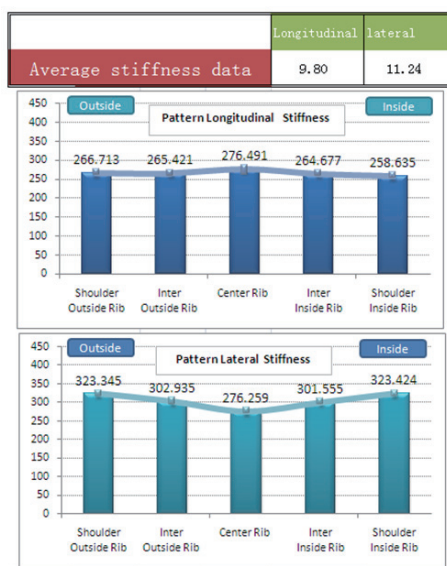
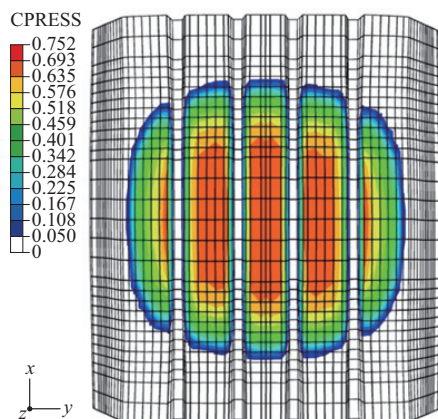
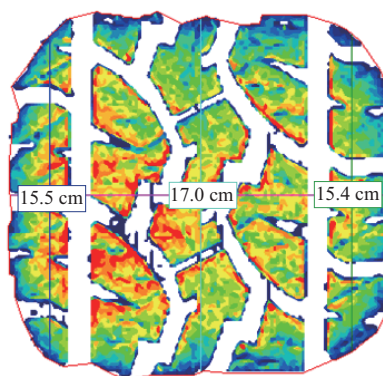


图6 轮胎花纹刚性分布模拟分析数据界面



(a) 有限元仿真



(b) 实车

图7 轮胎有限元仿真模拟及实车接地印痕

分析结果表明,本设计轮胎的雪地性能达到法规要求,花纹整体的纵向刚性和横向刚性匹配度良好,能够保证在满足雪地牵引性能的前提下具有良好的越野通过性能。

4.2 接地印痕分析

本设计轮胎的接地印痕有限元模拟分析的试验条件为充气压力 470 kPa,负荷 1 175 N,横轴长度 180.4 mm,纵轴长度 179.3 mm,下沉量 27.59 mm。

本设计轮胎的有限元仿真模拟及实车接地印痕如图7所示。

从图7可以看出,采用优化后的花纹及结构轮廓设计,轮胎的接地印痕形状更适合AT越野型产品,其接地压力分布均匀,具有在良好路面的高速舒适性和恶劣路况的抓着通过性。

5 试验验证

5.1 室内试验

本设计轮胎的室内性能试验结果见表2。

从表2可以看出,本设计轮胎的脱圈阻力、高速性能和耐久性能均满足国家标准要求。

本设计轮胎的实际接地数据(试验条件为充气压力 470 kPa,负荷 1 175 kg,轮辋 7J×16)如下:长轴长度 170 mm,短轴长度 184 mm,总面积 29 592 mm²,有效面积 20 362 mm²,面积比 68.81%,矩形率 左侧为91.18%,右侧为90.59%,平均为90.89%。可以看出,本设计轮

表2 本设计轮胎的室内性能试验结果

项 目	试验结果	国家标准
脱圈阻力/N	36 856(脱离)	≥11 398
高速性能试验		
最高行驶速度/(km·h ⁻¹)	210	≥200
最高速度行驶时间/min	10	10
试验结束时轮胎状况	轮胎完好	
耐久性试验		
累计行驶时间/h	67.5	≥67.5
试验结束时轮胎状况	轮胎完好	

胎的接地数据满足设计要求。

从图7也可以看出,本设计轮胎的接地印痕形状良好,接地压力分布均匀,矩形率达到90%,保证了胎面冠部与肩部接地压力分布的平衡,为汽车在转向、操控、爬坡越野和冰雪路面方面的性能提供了良好的基础。

5.2 实车评价

轮胎的主客观性能评价及雪地性能见表3。

从表3可以看出:本设计轮胎具有卓越的普通

表3 轮胎的主客观性能评价及雪地性能试验数据

项 目	本设计轮胎	竞品1	竞品2
主客观性能评价指数			
干地制动性能	98	100	103
干地操控性能	124	100	155
舒适性及噪声	95	100	90
湿地制动性能	137	100	154
湿地操控性能	118	100	148
越野耐久跑圈	160	100	155
雪地制动抓着指数	115	87	105

注:试验条件为充气压力 300 kPa,负荷 745 kg。

路面干湿地操控性能和非铺装路面的爬坡越野性能;雪地制动抓着指数可达到115,大于两个竞品,高于国家标准要求(≥110)。

6 结语

通过对胎面花纹进行优化设计,并重点对胎面钢片数量、沟槽深度进行搭配设计以及调整沟槽的形态和尺寸,使得LT245/75R16 120/116S 10PR AT越野型轮胎兼顾夏季越野轮胎和雪地越野轮胎的综合性能。轮胎模拟仿真分析和成品性能试验结果表明,本设计轮胎不仅具有优异的雪地性能,还具有卓越的普通路面干湿地操控性能和非铺装路面的爬坡越野性能。

参考文献:

[1] 梁守智,钟延堃,张丹秋. 橡胶工业手册(修订版) 第四分册 轮胎[M]. 北京:化学工业出版社,1989.

[2] 牟守勇. 国内外雪地轮胎概况与测试标准分析[J]. 橡胶工业, 2019, 69(1): 69-74.

[3] 孙海燕,王帅,臧利国,等. 越野轮胎结构设计与抓地性能研究[J]. 重庆理工大学学报(自然科学), 2019, 33(10): 40-46.

[4] 董玉德,徐丹丹,吕伦. 轮胎花纹设计及其对相关性能影响研究现状[J]. 轮胎工业, 2020, 40(5): 259-267.

[5] 韩建保,韩双庆. 胎面花纹深度及车速影响滑水现象分析[J]. 车辆与动力技术, 2003(4): 55-58.

[6] 李汉堂. 可降低路面噪音的胎面花纹沟形状设计[J]. 世界橡胶工业, 2005, 32(3): 25-27.

收稿日期: 2023-03-13

Design on LT245/75R16 120/116S 10PR AT Cross-country Tire

CAI Yingying

(Giti Tire China R&D Center, Hefei 230601, China)

Abstract: The design on LT245/75R16 120/116S 10PR AT cross-country tire was introduced. The design took into consideration the overall performance of summer cross-country tires and snow cross-country tires by optimizing the design of the tread pattern with a focus on matching the number of tread steel sheets and groove depth, as well as adjusting the shape and size of the grooves. The results of tire simulation analysis and finished tire performance tests showed that the designed tire not only had excellent snow performance, but also had excellent handling performance on ordinary dry and wet roads and excellent cross-country climbing performance on unpaved roads.

Key words: all terrain cross-country tire; structure design; snow traction performance; finished tire performance