

195/70R15 12PR全钢子午线轮胎的设计

吕福秋, 廉旭, 王劝劝

[中策橡胶(建德)有限公司, 浙江 建德 311607]

摘要:介绍195/70R15 12PR全钢子午线轮胎的设计。结构参数:外直径 651 mm,断面宽 207 mm,行驶面宽度 150 mm,行驶面弧度高 6.7 mm,胎圈着合直径 379 mm,胎圈着合宽度 178 mm,断面水平轴位置(H_1/H_2) 0.942 9,胎面采用4条沟变节距纵向花纹设计,花纹块表面采用排水式钢片设计,花纹深度 8.5 mm,花纹饱和度 71.4%,花纹周节数 30。施工设计:胎面采用四复合设计,胎侧采用三复合挤出,1[#]和2[#]带束层采用3+8×0.23HT钢丝帘线,2层冠带层采用电子预硫化1670dtex/2 DSP聚酯帘布0°缠绕,胎体采用3×0.22/9×0.20 CCHT钢丝帘线,采用二次法成型机冠包侧工艺成型,热板硫化机过热水硫化工艺硫化。成品性能试验结果表明,轮胎的充气外缘尺寸、强度性能、耐久性、高速性能、胎圈性能和接地印痕等均符合相应的设计和国家标准要求。

关键词:全钢子午线轮胎;结构设计;施工设计;冠带层;冠包侧工艺;成品轮胎性能

中图分类号:TQ336.1⁺1

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2024)03-0138-04

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2024.03.0138



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

随着城乡道路建设的迅速发展,用户对轻型载重轮胎的使用寿命、高速性能、节油性能等要求越来越高,另外汽车配套厂对轮胎的轻量化、低滚动阻力等方面性能也越来越重视^[1-3]。据了解,目前轻型载重车辆使用的195/70R15轮胎均为半钢子午线轮胎,半钢结构因骨架材料等自身条件限制,产品使用过程中易出现胎面脱层问题。

为了解决胎面脱层问题,同时满足配套厂和客户的特殊需求,我公司开发了195/70R15 12PR全钢子午线轮胎,现将设计概况介绍如下。

1 产品定位及设计标准

195/70R15 12PR轮胎针对配套主机厂开发,预计年总需求15万套,车型主要有厢式小型货车和小型物流卡车,车辆总质量在4 t左右,实际最大载质量为5 t,路面为综合路面,正常行驶速度为90~120 km·h⁻¹,设计要求轮胎质量和成本分别比同规格半钢子午线轮胎低0.5 kg和6%。根据GB/T 2977—2016《载重汽车轮胎规格、尺寸、气压与负荷》,确定195/70R15全钢子午线轮胎设计

参数^[3-4]为:层级 12PR,负荷指数 109/105,速度级别 R,标准轮辋 6J,单胎负荷 1 030 kg,双胎负荷 925 kg,充气压力 650 kPa,充气外直径(D') 655(647~663) mm,充气断面宽(B') 201(193~211) mm。

2 结构设计

2.1 外直径(D)和断面宽(B)

半钢子午线轮胎因胎体骨架材料强度较小,使用后期会出现“大肚子”现象,对于后轮双胎并装的车辆,需避免使用中后期出现并胎问题。另外,本设计还要考虑轻量化,因此 D' 和 B' 均设计为国家标准下限值。根据我公司生产工艺状况及同系列产品的设计经验,本次设计外直径膨胀率(D'/D)取1.005,则 D 为651 mm,断面宽膨胀率(B'/B)取0.966(B' 取200 mm), B 为207 mm。

2.2 行驶面宽度(b)和弧度高(h)

b 和 h 的取值决定了轮胎冠部轮廓形状,影响轮胎的接地印痕形状和压力分布、使用寿命、操纵稳定性能及耐磨性能。经有限元模拟分析, b 适当增大、 h 适当减小可增大轮胎接地面积,提高轮胎的耐磨性能。本次设计 b 取150 mm, h 取6.7 mm, b/B 为0.724 6。

作者简介:吕福秋(1985—),女,吉林白城人,中策橡胶(建德)有限公司工程师,学士,主要从事轮胎结构设计工作。

E-mail:574029309@qq.com

2.3 胎圈着合直径(d)和着合宽度(C)

根据半钢子午线轮胎的市场使用特点,胎圈部位极少损坏,因此胎圈部位设计无需加强,主要从无内胎轮胎的保气性和装配性考虑^[5]。为防止胎圈与轮辋配合出现漏气、脱圈及滑移等问题, d 取值适当减小,胎趾倾斜角度采用分段式设计,分别取 10° 和 20° ,同时考虑轮胎装卸的难易程度,本次设计采用胎圈与轮辋过盈配合,过盈量为2.8 mm, d 取379 mm; C 取值过小易出现漏气问题,且 C 取值会影响 B' ,根据同规格产品的设计经验, C 取178 mm。

2.4 断面水平轴位置(H_1/H_2)

断面水平轴位置是轮胎在负荷作用下变形量最大的部位, H_1/H_2 设计偏小会造成下胎侧早期损坏,设计偏大会造成胎冠早期损坏。市场调查发现,原半钢子午线轮胎使用过程中存在胎面脱层问题,因此本设计断面水平轴位置适当偏低, H_1/H_2 取0.942 9,使断面水平轴上下部位受力均匀。

轮胎断面轮廓如图1所示。

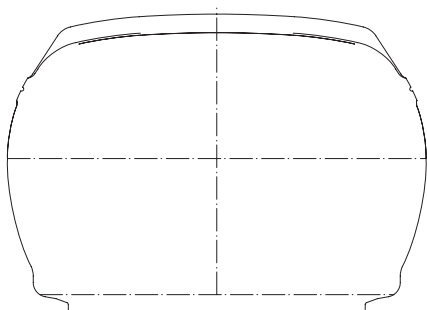


图1 轮胎断面轮廓示意

2.5 花纹设计

胎面采用4条沟变节距纵向花纹设计,防止轮胎与车辆同频共振;为提高轮胎的美观性和排水性能,冠部花纹块采用多钢片设计;为改善散热性,肩部采用大圆弧设计,同时肩部花纹块采用粗钢片设计。花纹深度为8.5 mm,花纹饱和度为71.4%,花纹周节数为30。花纹沟采用变角度设计,防止恶劣路况条件下花纹夹石子造成花纹沟底裂。

胎面花纹展开如图2所示,实体轮胎花纹如图3所示。

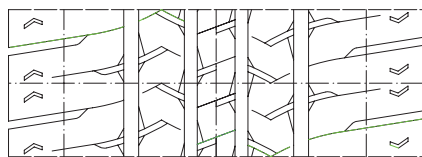


图2 胎面花纹展开示意



图3 实体轮胎花纹

3 施工设计

3.1 胎面和胎侧

胎面采用胎面胶、基部胶、翼胶三复合挤出,机外再与缓冲胶片复合,胎侧采用耐磨胶、胎侧胶、缓冲胶三复合挤出。胎面胶采用低滚动阻力、高耐磨配方,基部胶采用低生热配方,胎侧胶采用耐老化配方。

3.2 带束层/冠带层

1[#]和2[#]带束层采用3+8×0.23HT钢丝帘线,帘布裁断角度均为 26° 。在2层带束层之上还有2层冠带层,冠带层的作用是使带束层应力和接地压力均匀分布,增大轮胎接地印痕的矩形因数,有效改善冠部变形大的问题,同时大幅延长轮胎单位磨损里程,提高轮胎的耐久性能,延长轮胎的使用寿命,降低轮胎的滚动阻力,冠带层采用电子预硫化1670dtex/2 DSP聚酯帘布 0° 缠绕,带束层安全倍数为7.4。

3.3 胎体

胎体采用3×0.22/9×0.20 CCHT钢丝帘线,帘布压延厚度为1.7 mm,裁断角度为 0° ,胎体安全倍数为6.8。帘布裁断及成型时注意胎体缝合器间隙和角度的设定,防止胎体帘线接头疏密不均造成轮胎充气实鼓问题。

3.4 胎圈

钢丝圈采用直径为1.30 mm的高强度回火钢

丝^[6],钢丝表面镀铜,可有效增大钢丝与胶料的粘合力,防止钢丝松散造成爆胎,钢丝圈排列方式为4-5-6-5-4,共24根钢丝,钢丝圈为正六角形结构,绕盘直径为386 mm。钢丝圈安全倍数为5.2,符合设计要求。

3.5 成型

成型采用二次法成型机^[7]、 $\Phi 428$ mm半芯轮式成型机头,钢丝帘线的伸张率很小,因此根据轮胎内轮廓胎体帘线有效长度折算机头宽度为343 mm,采用冠包侧成型工艺,各半成品部件接头均匀错开分布,提高轮胎的均匀性和动平衡性能。

3.6 硫化

硫化采用AB型1 168 mm(46英寸)热板硫化机过热水硫化工艺。硫化条件为:模套温度 $(160\pm 3)^{\circ}\text{C}$,热板温度 $(145\pm 3)^{\circ}\text{C}$,过热水压力 (2.50 ± 0.10) MPa,硫化总时间 16 min。成品轮胎外观符合行业标准要求。

4 成品性能

4.1 外缘尺寸

轮胎外缘尺寸根据GB/T 521—2012《轮胎外缘尺寸测量方法》进行测试^[8],标准轮辋 6J,标准充气压力 650 kPa。

轮胎在标准充气压力下 D' 和 B' 分别为654和200 mm,磨损标记高度为1.9 mm,均符合国家标准要求。

4.2 强度性能

轮胎强度性能根据GB/T 4501—2023《载重汽车轮胎性能室内试验方法》进行测试^[9],标准最小破坏能为644 J,探头直径为19 mm。

前4点(国家标准值的100%)未压穿,第5点未压穿,轮胎破坏能为863.2 J,为国家标准值的134%,符合国家标准和设计要求。

4.3 耐久性能

轮胎耐久性能根据GB/T 4501—2023进行测试^[10],按国家标准测试通过后,按每10 h负荷增大10%继续测试。

试验结束时累计行驶时间为100 h,轮胎完好,符合设计要求(≥ 100 h)。

4.4 高速性能

轮胎高速性能根据GB/T 4501—2023进行测

试^[10],按国标测试通过后,按每10 min提高速度 $10\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 继续测试。

试验结束时累计行驶时间为70 min(速度为 $180\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$),轮胎未损坏,符合国家标准要求($\geq 170\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$)。

4.5 胎圈性能

胎圈性能根据企业标准进行测试,轮胎在200%负荷率、 $30\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 速度下行驶了70.1 h,胎圈破裂,符合设计要求(≥ 60 h)。

4.6 接地印痕

轮胎接地印痕如图4所示。

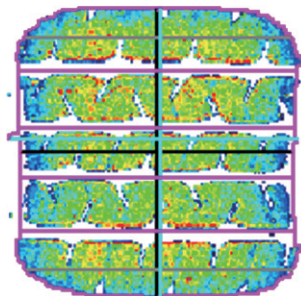


图4 轮胎接地印痕

轮胎接地印痕矩形因数为0.94,符合设计要求(≥ 0.92)。

4.7 滚动阻力

轮胎滚动阻力系数根据ISO 28580:2018进行测试。

轮胎滚动阻力系数为 $7.9\text{ N}\cdot\text{kN}^{-1}$,符合设计要求($\leq 8.0\text{ N}\cdot\text{kN}^{-1}$)。

4.8 与半钢子午线轮胎性能对比

195/70R15 12PR全钢子午线轮胎与同规格半钢子午线轮胎成品性能对比如表1所示。

从表1可以看出,全钢子午线轮胎的各项性能均优于同规格半钢子午线轮胎。

另外,全钢子午线轮胎的质量和成本分别比同规格半钢子午线轮胎低0.8 kg和6.2%,符合设计要求。

5 结语

195/70R15 12PR全钢子午线轮胎的设计符合预期目标,成品性能试验结果表明,轮胎充气外缘尺寸、强度性能、耐久性能、高速性能、胎圈性能和接地印痕等均符合国家标准和设计要求。轮胎

表1 两种轮胎成品性能对比			
项 目	全钢子午线轮胎	半钢子午线轮胎	设计要求
耐久性能试验累计行驶时间/h	100 (未损坏)	76. 72 (冠部起鼓)	≥47
高速性能试验累计行驶时间/h	1. 17 (未损坏)	1. 03 (冠部起鼓)	≥1
胎圈性能试验累计行驶时间/h	70. 01 (胎圈破裂)	60. 40 (胎圈破裂)	≥60
接地印痕矩形因数	0. 94	0. 92	≥0. 92
滚动阻力系数/(N·kN ⁻¹)	7. 9	8. 1	≤8. 0

发往主机厂进行整车评价,其制动性能、乘坐舒适性和操纵稳定性能等与同规格半钢子午线轮胎相当,主观评价良好,深受客户认可。该产品在高速性能、耐久性能、胎圈性能和轻量化等方面有突破性进展,为公司创造了良好的经济效益。

参考文献:

[1] 赵菲,丁海楠,陈红文. 12. 00R24全钢载重子午线轮胎的设计[J]. 轮胎工业,2017,37(6):333-336.
[2] 任学鹏,庞军华. 二段成型全地形车子午线轮胎的开发[J]. 橡胶工业,2022,69(1):55-58.
[3] 王瑞,周宇,韩菁,等. 285/70R19. 5全钢载重子午线轮胎的设计[J]. 轮胎工业,2017,37(8):456-458.
[4] 韩志田,王瑞,黄艳军. 385/65R22. 5全钢载重子午线轮胎的设计[J]. 轮胎工业,2016,36(4):209-211.

[5] NARENDRA S C, BHAVANI S P, ARUP S D, et al. Walnut shell ash as a sustainable material for compounding with bromobutyl rubber for tire inner liner applications[J]. Polymer Composites, 2020, 41 (12): 5317-5330.
[6] SUZUKI Y, ASAKAWA M, MIZUNO H, et al. Generating a mechanism of delamination in high carbon steel wire by experimental drawing[J]. Wire Journal International, 2005 (10): 70-72.
[7] 李清亮. 360/70R28 R-1W农业子午线轮胎的设计[J]. 轮胎工业, 2022, 42 (10): 595-598.
[8] 杨超, 孙林, 李仁国, 等. LT265/70R17 121/118Q 10PR MT半钢子午线轮胎的设计[J]. 轮胎工业, 2022, 42 (9): 523-526.
[9] 韩菁, 任世夺, 罗哲, 等. 245/70R17. 5全钢载重子午线轮胎的设计[J]. 中国橡胶, 2019, 35 (9): 47-51.
[10] 马斌, 李世军, 刘平, 等. 445/50R22. 5宽基低断面全钢载重子午线轮胎的设计[J]. 橡胶科技, 2020, 18 (10): 582-585.

收稿日期: 2023-12-13

Design of 195/70R15 12PR All-steel Radial Tire

LYU Fuqiu, LIAN XU, WANG Quanquan

[Zhongce Rubber (Jiande) Co., Ltd, Jiande 311607, China]

Abstract: The design of 195/70R15 12PR all-steel radial tire was described. In the structural design, the following parameters were taken: overall diameter 651 mm, cross-section width 207 mm, width of running surface 150 mm, arc height of running surface 6.7 mm, bead diameter at rim seat 379 mm, bead width at rim seat 178 mm, maximum width position of cross-section (H_1/H_2) 0.942 9, 4 grooves with variable pitch longitudinal pattern for tread, drainage type sipes on pattern blocks, pattern depth 8.5 mm, block/total ratio 71.4%, number of pattern pitches 30. In the construction design, the following processes were taken: four composite design for tread, three co-extrusion for sidewall, 3+8×0.23HT steel cord for 1[#] and 2[#] belts, 2-layer crown ply using electronic pre-vulcanized 1670dtex/2 DSP polyester cord with 0° winding, 3×0.22/9×0.20 CCHT steel cord for carcass, using two stage building machine to build tire with crown wrapping side process and hot plate vulcanization press to cure tire with superheated water vulcanization process. The performance test results of finished tires showed that the inflated peripheral dimension, strength, durability, high-speed performance, bead performance, and grounding mark met the requirements of corresponding design and national standards.

Key words: all-steel radial tire; structure design; construction design; crown ply; crown wrapping side process; finished tire performance