

385/55R22.5无内胎全钢载重子午线轮胎的轻量化设计

贾景波

(山东凯旋橡胶有限公司, 山东 曹县 274400)

摘要:介绍385/55R22.5无内胎全钢载重子午线轮胎的轻量化设计。结构设计:外直径 996 mm,断面宽 386 mm,胎圈着合直径 571.5 mm,胎圈着合宽度 336 mm,断面水平轴位置(H_1/H_2) 0.93,行驶面弧度高 9.5 mm,行驶面宽度 325 mm,胎面花纹采用5道纵向条形花纹沟和斜向花纹槽设计。施工设计:胎冠采用双复合挤出,胎体采用 $3 \times 0.24/9 \times 0.225$ CCST钢丝帘线,带束层采用4层带束层结构,1#带束层采用 $3+8 \times 0.33$ ST钢丝帘线,2#和3#带束层采用 $3 \times 0.20+6 \times 0.35$ HT钢丝帘线,4#带束层采用 5×0.35 HI钢丝帘线,成型采用一次法成型机成型,硫化采用蒸汽式双模硫化机。轻量化设计轮胎质量减小3.12 kg,成品轮胎充气外缘尺寸、强度性能和耐久性能均满足设计要求。

关键词:轻量化;全钢载重子午线轮胎;结构设计;施工设计

中图分类号:TQ336.1;U463.341⁺.3

文献标志码:A

文章编号:2095-5448(2019)00-0000-04

DOI:10.12137/j.issn.2095-5448.2019.00.0000

随着轮胎市场的快速变化,国内外市场对轮胎的需求向着宽基、低断面、定制化、环保经济型方向发展^[1-3]。我公司应市场需求,开发了一系列轻量化无内胎全钢载重子午线轮胎,其中385/55R22.5全钢载重子午线轮胎可以等外直径替换双胎并装^[4-6],自投放市场以来,产品深受用户欢迎。

在进行385/55R22.5无内胎全钢载重子午线轮胎轻量化设计时,首先对轮胎外轮廓进行轻量化优化,适当减小轮廓,同时积极使用新型胶料和钢丝,在满足轮胎使用性能的同时减轻轮胎质量,达到节能、降耗、轻量化的目的。现将385/55R22.5无内胎全钢载重子午线轮胎的轻量化设计简介如下。

1 技术要求

参考GB/T 2977—2008《载重汽车轮胎规格、尺寸、气压与负荷》的技术参数要求,确定385/55R22.5无内胎全钢载重子午线轮胎的技

术参数为:充气外直径(D') 997(979.39~1 004.62) mm,充气断面宽(B') 389.5(370.56~401.44) mm,标准轮辋 12.25,标准充气压力 900 kPa,标准负荷 4 500 kg,负荷指数 160。

2 结构设计

2.1 外直径(D)和断面宽(B)

全钢载重子午线轮胎有周向不易伸张的带束层箍紧胎体,因此轮胎充气后外直径膨胀很小,一般增大0~3 mm,因此设计时一般会选取 D 与充气外直径相同或者稍小于充气外直径,即轮胎充气后外直径膨胀率(D'/D)为1.000~1.003最合适。综合考虑,本设计轮胎的 D'/D 取1.001,即 D 为996 mm。

全钢载重子午线轮胎由于径向钢丝帘线的排布,使 B 的变化较大且影响因素(如胎体帘线的伸张、带束层帘线角度、胎圈着合直径、轮廓形状等)较多。本设计轮胎为无内胎全钢载重子午线轮胎,根据经验综合考虑,断面宽膨胀率(B'/B)一般取1.00~1.02。本设计 B'/B 取1.01,即 B 为386 mm。

2.2 胎圈着合直径(d)和着合宽度(C)

由于本设计轮胎为无内胎轮胎,需综合考虑

作者简介:贾景波(1988—),男,山东菏泽人,山东凯旋橡胶有限公司助理工程师,学士,主要从事全钢载重子午线轮胎的结构设计与开发。

E-mail:jiajingbo2008@126.com

轮胎的气密性和装卸方便的要求。胎圈和轮辋装配过盈量过大时,轮胎装卸困难,且影响轮胎安全性能;过盈量过小时,轮胎不能与轮辋紧密配合,无内胎轮胎会漏气,且胎圈安全性会降低。根据轮胎与轮辋的使用情况,选取 d 比相应的轮辋直径小1~2 mm,本设计 d 取571.5 mm。

全钢子午线轮胎胎侧刚性强度大,为增加胎侧的柔韧性, C 应大于轮辋宽度, C 的取值一般比标准轮辋宽度大15~25 mm,本设计 C 取336 mm。

2.3 断面水平轴位置(H_1/H_2)

断面水平轴位置是子午线轮胎在使用过程中变形最大,也是负载情况下轮胎最宽和胎体最薄的位置。由于子午线轮胎胎体帘线的排布与斜交轮胎不同,胎圈受力大,容易造成胎圈裂口,所以 H_1/H_2 设计应偏大,但又不能过大。 H_1/H_2 过大,容易造成胎肩部位应力集中,轮胎出现肩空、裂口等现象。故在保证降低肩部问题的情况下,轮胎断面水平轴最宽点应取较高位置,以减小胎侧区域的应力和胎圈应力。本设计 H_1/H_2 取0.93。

2.4 行驶面弧度高(h)和行驶面宽度(b)

适当增大行驶面宽度且不增加胎肩厚度,可以增大行驶面接地面积,从而提高轮胎的耐磨性能。为保证在行驶面宽度取值范围内接地面积最大,根据经验综合考虑, h 取9.5 mm, b 取325 mm。

2.5 胎面花纹

根据市场的使用条件和要求,我公司对胎面经典花纹GR666进行了重新设计(见图1)。通过分析胎面花纹受力方向和分布等情况,设计了5道纵向条形花纹沟和斜向花纹槽。花纹沟根据受力特点分布,防侧滑性能好。为避免沟底刚性过度和行驶过程中的石块应力,在沟底增加了防石块设计;为提高肩部散热,在肩部增加了装饰沟;采用变节距设计,以降低滚动阻力和行驶噪声,并防

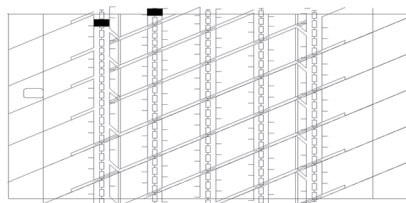


图1 GR666新花纹示意

止花纹处应力集中,出现花纹裂口。

3 施工设计

3.1 挤出部件

挤出半成品包括胎冠、复合胎侧、胎肩垫胶和三角胶。根据材料分布图并结合实际使用特点,将各部位分解。胎面采用机内双复合挤出方式;胎侧采用机内双复合挤出方式,在胎圈反包端点上下加贴胎圈护胶;三角胶采用机内双复合挤出方式加上热贴胶片,复合胶芯在一定程度上提高了胎圈的负荷能力。

3.2 胎体帘线

胎体帘线的选用直接影响轮胎的使用寿命,且对轮胎的耐疲劳性能、耐磨性能和操控性能有一定的影响。由于本设计为轻量化轮胎,负荷能力要求高,因此必须保证胎体帘线的安全倍数,才能保证轮胎的耐久性能。综合考虑强度、耐疲劳性能、耐屈挠性能和操控性能,本工作选用贝卡尔特公司直径小、质量轻的 $3 \times 0.24/9 \times 0.225$ CCST新型钢丝帘线,并采用双面覆胶的方法在S型四辊压延机上进行钢丝帘布压延。压延钢丝帘布厚度为 (2.1 ± 0.1) mm。胎体帘线安全倍数为7.32,保证了胎体强度。

3.3 内衬层

内衬层由气密层和过渡层组成,无内胎轮胎没有内胎和垫带,因此对气密层的气密性要求较高。本设计轮胎内衬层主体材料采用溴化丁基橡胶。气密层采用挤出压延法生产,根据材料分布图将气密层压延成中部厚、边部薄、均匀过渡的半成品,成型后胎里各部位气密层厚度较均匀。

3.4 带束层

结合市场使用情况,本设计采用4层带束层结构(见图2)。4层带束层结构可减小轮胎滚动阻力,并且提高耐磨性能,以达到环保、节能和提高轮胎使用寿命的效果,同时解决轮胎在高速行驶

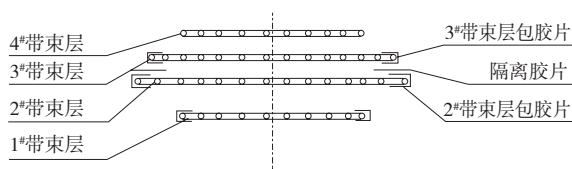


图2 带束层结构

过程中的肩空和脱层等问题,提高轮胎高速性能并降低噪声,保证轮胎行驶过程中的安全性能。

考虑到带束层是轮胎使用过程中的主要受力部位,带束层的刚性对轮胎的使用影响很大,足够的刚性可以防止胎冠使用过程中过度伸张变形,保证摩擦均匀性。

考虑工艺的影响,进行带束层帘线角度设计。1[#]带束层起过渡和缓冲作用,降低了带束层与胎体之间的剪切力,避免带束层与胎体脱层。根据带束层强度计算,1[#]带束层选用3+8×0.33ST钢丝帘线,帘线角度为52°。2[#]和3[#]带束层常被称为工作层,也是主要的受力工作层。2[#]和3[#]带束层强度直接影响轮胎的综合性能,其角度又不能过大,因此选用3×0.20+6×0.35HT高强度钢丝帘线,角度为20°。4[#]带束层被称为保护层,可防止刺穿以及带束层与胎面脱层,选用5×0.35HI高伸长、高抗冲击钢丝帘线,角度为20°,在轮胎高速旋转时才不会在离心力作用下使轮胎半径变大,有利于提高轮胎使用寿命和翻新率。

3.5 钢丝圈

钢丝圈采用斜六角形结构,具有强度大、制造方便和生产效率高的优点,可保证胎圈底部与轮辋良好接触。钢丝圈生产采用排压法,为了提高胎圈的安全性能,减少钢丝圈接头对轮胎均匀性的影响,采用单根缠绕法生产钢丝圈。选用贝卡尔特公司的1.65 mm电镀青铜回火钢丝,钢丝排列为8-11-8,钢丝圈直径为573 mm,保证胎圈强度。三角胶芯的贴合也由手工冷贴改为自动热贴,以进一步提高胎圈性能,保证胎圈底部与轮辋良好接触。

3.6 胎坯成型和硫化

胎坯采用一次法成型。采用侧包冠成型工艺和半成品接头均匀分布技术,进一步提高轮胎均匀性和动平衡性。成型鼓直径根据轮胎着合直径、材料分布和钢丝圈直径确定。受硫化模具和工艺操作要求的限制,带束层鼓直径需根据胎坯装入硫化模具后的外直径伸张值与带束层本身的伸张率计算确定。活络模具硫化膨胀率为1.0%~2.5%。成型时带束层直径与成品轮胎直径的伸张率应小于2%。

硫化选用蒸锅式双模硫化机,保证了硫化受热均匀性和成品轮胎的耐磨性能。硫化条件为:外压压力 (0.36±0.01) MPa,外压温度 (147±2) °C,蒸汽压力 (0.8±0.1) MPa,蒸汽温度 (175±3) °C,硫化时间 50 min。

4 成品性能

4.1 外缘尺寸

轮胎外缘尺寸是国家标准规定的必检项目之一,主要是保证汽车的操控性能和稳定性。根据GB/T 521—2012《轮胎外缘尺寸测量方法》测试,在标准充气压力(900 kPa)下安装于标准轮辋上的成品轮胎外缘尺寸达到设计要求。

4.2 成品检测

通过X光检测、动平衡检测、均匀性检测、气泡检测等常规检测,成品轮胎性能符合企业标准要求。

4.3 强度性能

根据GB/T 4501—2016《载重汽车轮胎性能室内试验方法》对成品轮胎进行强度性能测试。标准气压为900 MPa,压头直径为38 mm。测试结果见表3。

表3 成品轮胎强度性能

试验阶段	破坏能/J	相对压穿强度
1	2 204.5	100.05
2	2 203.0	100.05
3	2 204.2	100.10
4	2 204.3	100.10
5	4 060.2	143.43

从表3可以看出,第5阶段压穿,破坏能为4 060.2 J,为标准值的185%,成品轮胎强度性能达到国家标准要求。

4.4 耐久性能

成品轮胎耐久性能是轮胎安全性能必检项目之一。耐久性能主要考核轮胎的耐热性能和耐疲劳性能,是考察轮胎内在质量和使用寿命的重要手段之一。本企业标准是在GB/T 4501—2016的基础上继续测试,当试验时间达到47 h后,每10 h负荷率增加10%直至轮胎破坏,轮胎充气压力为900 kPa,测试结果如表4所示。

从表4可以看出,试验结束时成品轮胎累计行

表4 成品轮胎耐久性能

试验阶段	负荷/kg	行驶时间/h
1	2 925	7
2	3 825	16
3	4 500	24
4	4 950	10
5	5 400	10

驶时间为67 h,破坏形式为肩空,成品轮胎耐久性能达到国家标准要求。

4.5 胎圈耐久性能

按照企业标准,本工作胎圈耐久性试验条件:负荷在2 min内达到100%标准负荷,行驶速度为 $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,气压为600 kPa,2 h后负荷为200%标准负荷,测试结果见表5。

表5 胎圈耐久性能

试验阶段	负荷率/%	行驶时间/h
1	100	2
2	200	60.52 (胎圈脱层)

从表5可以看出,试验结束时成品轮胎累计行驶时间为62.52 h,胎圈脱层。成品轮胎胎圈耐久性能满足企业标准要求。

5 结语

通过优化轮胎外轮廓、合理调整部件尺寸、采用新型钢丝帘线等措施,轻量化385/55R22.5全钢载重子午线轮胎质量减小到60.18 kg,比普通轮胎的63.3 kg减小3.12 kg,达到了节能、降耗、轻量化的目的,其外缘尺寸、强度性能、耐久性能和胎圈耐久性能等均达到设计或国家和企业标准要求。经过近1年的使用,轮胎使用情况良好。

参考文献:

- [1] 何晓玫,吴桂忠,王铭新. 低断面轿车子午线轮胎PDEP设计理论[J]. 橡胶工业,1995,42(2):67-71.
- [2] 丁剑平,俞淇,林惠音,等. 子午线轮胎用纤维骨架材料的发展概况[J]. 橡胶工业,2004,51(5):302-308.
- [3] 李福香,张春颖. 445/45R19.5超低宽基无内胎全钢载重子午线轮胎的设计[J]. 橡胶工业,2017,64(3):170-173.
- [4] 尚永宁,任利利,等. 45~55系列高性能宽基无内胎全钢载重子午线轮胎的研制[J]. 橡胶工业,2010,47(9):547-552.
- [5] 朱茂桃,魏新龙,王国林,等. 宽基轮胎成型中胎体帘线弯曲问题的分析与改进[J]. 橡胶工业,2016,63(9):551-555.
- [6] 王刚,徐立,李景前. 445/65R22.5低断面宽基无内胎全钢载重子午线轮胎的外轮廓设计[J]. 轮胎工业,2016,36(1):9-11.

收稿日期:2018-08-09

Lightweight Design of 385/55R22.5 Tubeless All-steel Truck and Bus Radial Tire

JIA Jingbo

(Shandong Kaixuan Rubber Co., Ltd, Caoxian 274400, China)

Abstract: Lightweight design of 385/55R22.5 tubeless all-steel truck and bus radial tire was Introduced. In structure design, the following parameters were taken: overall diameter 996 mm, cross-sectional width 386 mm, bead diameter at rim seat 571.5 mm, bead width at rim seat 336 mm, maximum width position of cross-section (H_1/H_2) 0.93, arc height of running surface 9.5 mm, width of running surface 325 mm, and the tread pattern was designed with 5 longitudinal strip grooves and diagonal grooves. In construction design, the following processes were taken: double composite extrusion for crown, $3 \times 0.24/9 \times 0.225$ CCST steel cord for carcass ply, using four-layer belts, $3 + 8 \times 0.33$ ST steel cord for 1[#] belt, $3 \times 0.20 + 6 \times 0.35$ HT steel cord for 2[#] and 3[#] belt, 5×0.35 HI steel cord for 4[#] belt, using one-stage building machine to build tire and steamer double-mold press to cure tire. The weight of tire was reduced by 3.12 kg, and the inflated peripheral dimension, strength and endurance performance of the finished tire met the design requirements.

Key words: lightweight; all-steel truck and bus radial tire; structure design; construction design