

12R22.5全钢载重子午线轮胎的设计

杨文利,姚雪梅,杜保各,李平,赵海,刘平

(宁夏神州轮胎有限公司,宁夏 石嘴山 753400)

摘要:介绍12R22.5全钢载重子午线轮胎的设计。结构设计:外直径 1 082 mm,断面宽 293 mm,行驶面宽度 248 mm,行驶面弧度高 8.3 mm,胎圈着合直径 570 mm,胎圈着合宽度 228 mm,断面水平轴位置(H_1/H_2) 0.919 8,采用纵向花纹沟为主的普通花纹,花纹深度 18 mm,花纹饱和度 72.8%。施工设计:胎面采用两方三块结构,胎体采用1层0.25+6+15×0.225HT钢丝帘线,1[#]和2[#]带束层采用3×0.20+6×0.35HT钢丝帘线,3[#]带束层采用5×0.35HI钢丝帘线,0°带束层采用3×7×0.22HE钢丝帘线,胎体、胎圈的安全倍数大于7;采用一次法两鼓成型机成型、双模定型硫化机硫化。成品性能试验结果表明,成品轮胎充气外缘尺寸、强度性能、耐久性能、高速性能和胎圈耐久性能符合相应设计和国家标准要求,耐久性能和高速性能均优于同规格对比轮胎。

关键词:全钢载重子午线轮胎;结构设计;施工设计;耐久性能;高速性能

中图分类号:U463.341⁺.3/.6;TQ336.1

文献标志码:B

文章编号:2095-5448(2019)03-0001-05

DOI:10.12137/j.issn.2095-5448.2019.03.0001

随着我国公路建设和运输业的发展以及国家限载政策的实施,长途货运车辆数量快速增长,轮胎子午化率不断提升。由于高性能无内胎全钢载重子午线轮胎在成本、性能、环保和安全方面具备有内胎轮胎无可替代的优越性,现在不仅客运车辆使用无内胎轮胎,大部分长途货运车辆也开始使用无内胎轮胎。为了满足市场需求,企业需调整产品结构,加快高性能无内胎全钢载重子午线轮胎的研发,扩大生产能力,增强竞争力,提高经济效益。现将12R22.5全钢载重子午线轮胎的设计简介如下。

1 技术要求

汽车对轮胎性能提出3项基本要求:(1)安全性,即轮胎应具有较好的操控性能和防侧滑性能;(2)经济性,即轮胎应具有高耐磨性能、低滚动阻力及长使用寿命;(3)舒适性,即轮胎缓冲性能好、噪声低。

经查阅对比GB/T 2977—2016《载重汽车轮胎规格、尺寸、气压与负荷》、美国轮胎轮辋协会标准年鉴(TRA—2016),欧洲轮胎轮辋技术组织标

准手册(ETRTO—2016)和中国轮胎轮辋气门嘴标准年鉴(CAS—2017)中的产品标准,根据GB/T 2977—2016确定12R22.5全钢载重子午线轮胎的技术参数为:标准轮辋 9.00,充气外直径(D') 1 085(1 070~1 102) mm,充气断面宽(B') 300(288~312) mm,标准充气压力 830 kPa,最大负荷 3 350 kg。

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充气后沿圆周方向受到带束层的箍紧作用,外直径变化很小,约增加1~5 mm,因此一般设计时 D 取值与标准规定的 D' 相当或稍小。本设计外直径膨胀率(D'/D)取1.002 8,即 D 为1 082 mm。

确定全钢载重子午线轮胎的断面宽膨胀率(B'/B)时需考虑胎体帘线伸张、轮胎断面轮廓、带束层帘线角度等因素的影响。根据经验,本设计 B'/B 取1.023 9,即 B 为293 mm。

2.2 行驶面宽度(b)和弧度高(h)

行驶面形状对轮胎耐磨性能、抓着性能、操控性能和滚动阻力有直接影响^[1]。设计的主要原则是使充气轮胎在负荷下滚动时,轮胎行驶面部位尽可能地在全宽范围内接地,并且接地压力分布

作者简介:杨文利(1962—),男,山东招远人,宁夏神州轮胎有限公司工程师,学士,主要从事轮胎结构设计及工艺管理工作。

均匀,以获得较好的耐磨性能和抓着性能。 b 的选取主要与扁平率和带束层刚性有关。带束层刚性与花纹磨耗均匀性有很大关系。轮胎采用多层带束层时应取较小的 h , h 过大会减小接地面积,对轮胎耐磨性能、磨耗均匀性和抓着性能有较大的不良影响。

为保证轮胎与路面之间较大的接地面积,本设计 h/H 取0.032 4, h 为8.3 mm; b/B 取0.846 4, b 为248 mm。

2.3 胎圈着合直径(d)和着合宽度(C)

本设计轮胎无内胎,为防止漏气,轮胎与轮辋采用过盈配合。9.00×22.5轮辋直径为571.5 mm。为了满足轮胎与轮辋紧密配合的需要,同时考虑轮胎装卸难易程度, d 应比轮辋直径小1~3 mm。本设计 d 取570 mm。

C 小于或等于轮辋宽度可以提高轮胎的耐磨性能和侧向刚性。轮辋宽度为228.5 mm。本设计 C 取228 mm。

2.4 断面水平轴位置(H_1/H_2)

断面水平轴位于断面最宽处,是轮胎法向变形最大的位置,也是胎侧最薄处。子午线轮胎胎体帘线呈径向排列,胎圈受力比斜交轮胎大,断面水平轴上移可以减轻胎圈受力。由于本设计轮胎用于长途客车,胎圈耐久性能要求相对宽松。为了提高轮胎的高速性能和操控性能,根据经验,本设计断面水平轴适当下移,使轮胎受力后屈挠区下移,减小冠部和肩部受力,使法向变形最大处靠近胎圈,提高乘坐舒适度,同时有效降低轮胎肩部和冠部生热,改善轮胎肩部和冠部脱层。一般 H_1/H_2 为0.9~1.02。根据经验,本设计 H 取256 mm, H_1/H_2 取0.919 8。

2.5 胎面花纹

胎面花纹设计既要考虑轮胎的驱动性能、制动性能、耐磨性能、操控性能、安全性能和使用寿命,又要降低轮胎滚动阻力和行驶噪声,同时减小油耗。因此需要根据轮胎类型、结构特点、使用条件和使用要求进行胎面花纹设计。

12R22.5全钢载重子午线轮胎主要在高速公路和普通公路上使用,胎面花纹应尽量采用较少的沟槽,以提高轮胎的高速性能。本设计花纹主体采用4条曲折花纹,肩部采用横向花纹块,

以提高轮胎横向刚性,改善轮胎在干湿路面的转向性能,降低不规则磨耗。本设计花纹采用变节距3段式设计,花纹深度为18 mm,花纹饱和度为72.8%。胎面花纹展开示意图1。

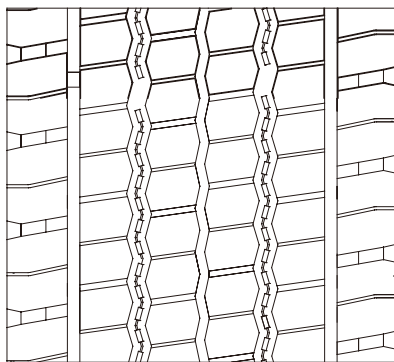


图1 胎面花纹展开示意

3 施工设计

3.1 胎面

胎面采用两方三块结构,双复合挤出工艺挤出。冠部厚度为18 mm,肩部厚度为23 mm,肩部宽度为230 mm,胎面总宽度为310 mm。胎面结构如图2所示。

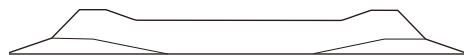


图2 胎面结构示意图

3.2 胎体

胎体帘布胶应具有良好的粘合性能并且耐热、耐剪切及耐屈挠。胎体骨架材料的选取对轮胎的乘坐舒适性、操控性能及抗变形性能有很大影响,其主要作用是保持不变形或小变形,对断面形状、牵引力和刹车力也有一定的影响。根据实际生产经验,选择0.25+6+12×0.225HT钢丝帘线作为胎体骨架材料,由于钢丝帘线直径较小,有利于降低轮胎的侧向刚性,提高乘坐舒适性。胎体安全倍数为7.1。

3.3 带束层

带束层是子午线轮胎的重要部件,它在很大程度上决定着胎体的径向变形,并承受轮胎60%~85%的应力。带束层的箍紧系数直接影响胎冠的刚性,限制轮胎的周向伸张,保持轮胎尺寸稳定性。带束层对轮胎的耐磨性能、高速性能、行

驶稳定性和舒适性等有重要影响^[2]。带束层整体设计包括带束层层数及结构、钢丝帘线规格、钢丝帘线压延密度、帘线角度、带束层宽度等。

3.3.1 带束层结构

全钢载重子午线轮胎一般采用4层带束层结构或3层带束层加1层0°带束层结构。本设计采用3层带束层加1层0°带束层结构。

1[#]和2[#]带束层为工作层,由断裂伸长率为2.6%~3.2%的钢丝帘线以10°~30°交叉排列而成,其宽度与胎冠宽度大致相等。3[#]带束层为保护层,使用高伸长或普通钢丝帘线。在工作层上方、保护层两侧,使用断裂伸长率为4%~8%的高伸长钢丝帘线沿轮胎周向(0°)排列,从而形成左右两个增强带束条,其外侧端点基本与1[#]带束层的外侧端点对齐,其宽度相当于工作层最大宽度的7%~40%。0°带束层的主要作用:(1)减小带束层边部的变形,降低变形生热,防止带束层因应力应变作用产生疲劳损坏和热破坏;(2)增强胎肩刚性,提高胎面尺寸稳定性,使接地印痕更趋于矩形,减小不均匀磨损,改善胎面抓着性能;(3)提高胎侧侧向刚性,改进车辆的操纵稳定性和转向性能。

3.3.2 钢丝帘线

本设计1[#]和2[#]带束层采用3×0.20+6×0.35HT钢丝帘线,3[#]带束层采用5×0.30HI高伸长钢丝帘线,0°带束层采用3×7×0.22HE钢丝帘线。带束层安全倍数为5.6,符合安全倍数要求(>5)。

3.3.3 压延密度和带束层角度

带束层压延密度根据钢丝帘线直径及所受应力而定。1[#]带束层压延密度可以小一些,为40~50根·dm⁻¹,因为要求1[#]带束层与胎体之间具有良好的粘合力。2[#]和3[#]带束层压延密度为50~60根·dm⁻¹,以确保轮胎安全倍数及带束层之间的粘合力。胶料含胶率为50%~60%。本设计1[#],2[#],3[#]带束层压延密度分别为40,50,50根·dm⁻¹。

带束层角度设计既要保证带束层对胎体的箍紧系数,也要考虑轮胎生产中的加工性能。带束层角度大于20°时,胎体无法获得必要的箍紧效果;带束层角度过小时,带束层裁断和接头等工艺操作困难,并且轮胎在使用中易发生带束层

脱层。

带束层角度为15°~20°时,对于提高载重子午线轮胎耐磨性能有利,但带束层角度很大程度上取决于钢丝帘线模量、橡胶-钢丝的粘合力以及轮胎规格。本设计1[#],2[#],3[#]带束层角度分别为24°,15°,15°。

3.3.4 带束层宽度(B_w)和长度

载重子午线轮胎的 B_w 一般与胎冠宽度大致相等。 B_w 过宽会造成带束层脱层,过窄会降低轮胎胎冠刚性和稳定性,还会导致肩部磨损。 B_w/b 小于1.05有利于提高轮胎耐久性能, B_w/b 小于0.9可以防止轮胎胎肩异常磨损,因此为了兼顾上述两种性能,本设计 B_w/b 取0.94~1.05。相邻两层带束层 B_w 的级差为10~15 mm,3[#]带束层的宽度为带束层最大宽度的50%以上。

带束层长度对箍紧系数有直接影响,它受硫化模具以及花纹沟底与模具的间隙的影响。一般带束层长度膨胀率以小于3%为宜,使用Ⅰ型活络模时带束层长度膨胀率取2%~3%,使用Ⅱ型活络模时取1%~1.5%。

3.4 胎圈

轮胎胎圈承受轮胎行驶过程中的内压制动力矩、离心力以及轮辋的过盈力。子午线轮胎胎圈承受的应力比斜交轮胎胎圈大。钢丝圈的断面形状可分为圆形、六角形、方形、矩形。本设计采用六角形结构,钢丝圈选用 $\Phi 1.65$ mm回火胎圈钢丝,覆胶钢丝直径为1.85 mm,排列形式为7-8-9-10-11-10-9-8。胎圈安全倍数为8.1。

3.5 成型和硫化工艺

成型采用中航工业北京航空制造工程研究所的一次法两鼓成型机,机头直径为530 mm,机头宽度为710 mm,采用侧包冠成型工艺,半成品接头采用定点分布技术使接头错开,以提高轮胎的均匀性和动平衡性能。

硫化采用桂林橡胶机械有限公司的1 651 mm (65英寸)C型双模硫化机,硫化条件为:外部蒸汽压力 0.39 MPa,外温 155 °C,过热水压力 2.6 MPa,内温 170 °C,硫化时间 60 min。硫化步骤主要分为蒸汽预热、热水循环、冷却和出模。在硫化过程中,严格控制进口温度和压力,确保轮胎硫化质量。

4 成品性能

成品性能试验条件尽量模拟国家橡胶轮胎质量监督检验中心对国内外12R22.5全钢载重子午线轮胎的剖析试验^[3],并将本设计轮胎(代号为D品牌)成品性能与其他企业的B、C和G品牌12R22.5轮胎剖析结果进行对比。试验轮胎为 9.00×22.5 。

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,目的是保证汽车操控性能和驾驶稳定性。按照GB/T 521—2012《轮胎外缘尺寸测量方法》进行测定,试验充气压力为830 kPa。国家标准规定范围:公路型花纹轮胎的 D' 1 070~1 100 mm,牵引型花纹轮胎的 D' 1 080~1 112 mm; B' 288~312 mm;磨损标志高度 ≥ 2 mm。C和G品牌12R22.5轮胎为公路型花纹轮胎,B和D品牌12R22.5轮胎为牵引型花纹轮胎。

充气轮胎外缘尺寸测量结果见表1。

表1 充气轮胎外缘尺寸

项 目	轮胎品牌			
	B	C	G	D
D'/mm	1 101.3	1 080.9	1 087.0	1 089.1
B'/mm	300.9	292.8	302.0	301.0
H/mm	264.9	254.7	258.0	256.0
磨损标志高度/mm	2.2	2.0	2.2	2.2
花纹沟深度/mm	24.5	14.4	15.1	18.0
外胎质量/kg	71.2	63.6	65.8	64.6

从表1可以看出:4个品牌轮胎的 D' 、 B' 和磨损标志高度均符合国家标准要求;C品牌轮胎质量最小,B品牌轮胎质量最大,两者质量差值高达7.6 kg,D品牌轮胎质量居中,比C品牌轮胎大1.0 kg。

4.2 强度性能

强度性能是轮胎安全性能必检项目之一,主要测定轮胎胎体帘线强度。强度试验按照GB/T 4501—2016《载重汽车轮胎性能 室内试验方法》进行,试验条件为:压力 830 kPa,压头直径 38 mm。轮胎强度试验结果见表2。

表2 成品轮胎强度性能

项 目	G品牌轮胎	D品牌轮胎
第1—4点破坏能平均值/J	2 287.5	2 208.3
压穿破坏能/J	4 377.3	4 170.0
最大破坏能/最小破坏能/%	191.8	189.3

从表2可以看出,D品牌轮胎的压穿破坏能为4 170 J,为标准值(2 203 J)的189.3%。成品轮胎强度性能达到国家标准要求。

4.3 耐久性能

耐久性能也是轮胎安全性能必检项目,是评定轮胎内在质量和使用寿命的重要手段之一,主要测试轮胎的耐热性能和抗疲劳性能。耐久性试验按照GB/T 4501—2016进行,试验条件为:充气压力 830 kPa,负荷 3 350 kg,试验速度 $65 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,轮胎行驶47 h后,每10 h负荷率增加10%,直至轮胎损坏。成品轮胎耐久性能见表3。

表3 成品轮胎耐久性能

项 目	B品牌	G品牌	D品牌
负荷率/%			
试验初始	65	65	65
试验结束	120	140	160
累计行驶时间/h	64.6	84.7	106.0
试验结束时轮胎状况	胎冠爆破	胎冠脱层	未损坏

从表3可以看出,B品牌轮胎累计行驶64.6 h后胎冠爆破,G品牌轮胎累计行驶84.73 h胎冠脱层,D品牌轮胎行驶106 h仍未损坏,停止试验。3个品牌轮胎的耐久时间均达到国家标准要求(大于47 h),D品牌轮胎的耐久性能最佳。

4.4 高速性能

高速试验是测试轮胎在较高行驶速度下的生热、使用寿命和安全性的手段之一。轮胎在高速行驶时变形频率高、内摩擦和生热大。试验参照国家橡胶轮胎质量监督检验中心轮胎剖析试验方法进行。充气压力为830 kPa,单胎负荷为3 350 kg,负荷率为单胎负荷的100%。每120 min为一个试验阶段,第1阶段试验速度为 $55 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,行驶时间为120 min,第2阶段试验速度为 $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,从第2阶段起每120 min试验速度增大 $10 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,连续行驶直至轮胎损坏。

轮胎高速性能见表4。

表4 成品轮胎高速性能

项 目	B品牌	C品牌	G品牌	D品牌
最高试验速度/ ($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	100	120	130	140
累计行驶时间/h	12.00	14.42	17.50	19.67
试验结束时轮胎状况	胎肩脱层	胎肩脱层	胎冠脱层	胎冠脱层

从表4可以看出:高速试验后,B和C品牌轮胎的破坏形式均为胎肩脱层;G和D品牌轮胎的破坏形式均为胎冠脱层;与B,C,G品牌轮胎相比,D品牌轮胎累计行驶时间大幅延长。

5 结语

12R22.5无内胎全钢载重子午线轮胎生产工艺稳定,成品轮胎外缘尺寸、强度性能、耐久性能和高速性能均达到国家标准和企业标准要求。目

前该规格轮胎正在进行道路试验,反馈良好。

参考文献:

- [1] 王孝涛,张春革,李振波,等. 445/65R22.5 20PR全钢载重子午线轮胎的设计[J]. 轮胎工业,2014(5):277-280.
- [2] 王琦,翟辉辉,周海超,等. 带束层结构参数对轮胎振动噪声的影响分析[J]. 橡胶工业,2018,65(5):12-16.
- [3] 马良清,不同品牌普通断面12R22.5全钢载重子午线轮胎剖析结果[J]. 轮胎工业,2011,71(2):78-80.

收稿日期:2018-08-13

Design of 12R22.5 Truck and Bus Radial Tire

YANG Wenli, YAO Xuemei, DU Baoge, LI Ping, ZHAO Hai, LIU Ping

(Ningxia Shenzhou Tire Co., Ltd, Shizuishan 753400, China)

Abstract: The design on 12R22.5 truck and bus radial tire was described. In the structure design, the following parameters were taken: overall diameter 1 082 mm, cross-sectional width 293 mm, width of running surface 248 mm, arc height of running surface 8.3 mm, bead diameter at rim seat 570 mm, bead width at rim seat 228 mm, maximum width position of cross-section (H_1/H_2) 0.919 8, ordinary pattern with longitudinal pattern groove for tread pattern, pattern depth 18 mm, block/total ratio 72.8%. In the construction design, the following processes were taken: two-formula and three-piece tread, 0.25 + 6 + 15 × 0.225HT steel cord for carcass ply, 3 × 0.20 + 6 × 0.35HT steel cord for 1[#]—2[#] belts, 5 × 0.35HI steel cord for 3[#] belt, and 3 × 7 × 0.22HE steel cord for 0° belt. The safety factor of carcass ply and bead were all above 7. Using one stage two drum building machine to build tire and dual-mold press to cure tire. It was confirmed by the tests of the finished tire that, the inflated peripheral dimension, strength, endurance and high speed performance met the requirements of design and national standards. The endurance and high speed performance of the designed tire were better than the contrast tires.

Key words: truck and bus radial tire; structure design; construction design; endurance performance; high speed performance