

高性能宽基385/65R22.5全钢子午线轮胎的设计

晋琦, 赵毅斌, 王暖

(陕西延长石油集团橡胶有限公司, 陕西 咸阳 712000)

摘要:介绍高性能宽基385/65R22.5全钢子午线轮胎的设计。运用经验设计与仿真分析相结合的方法,对模具轮廓及花纹节距排列进行优化,胎面采用耐磨性良好的低滚动阻力胶料。结构设计:外直径 1 070 mm,断面宽 392 mm,行驶面宽度 300 mm,行驶面弧度高 14.5 mm,胎圈着合直径 572 mm,胎圈着合宽度 324 mm,断面水平轴位置(H_1/H_2) 1.058,胎面采用4条纵向曲折花纹沟变节距设计,花纹深度 16 mm,花纹周节数 3,花纹饱和度 78.5%。施工设计:胎面采用内嵌式双胶结构,带束层采用4层结构,1[#]带束层采用3×0.20+6×0.35HT钢丝帘线,2[#]和3[#]带束层采用3+8×0.33HT钢丝帘线,4[#]带束层采用5×0.35HI钢丝帘线,胎体采用0.25+6+12×0.225HT钢丝帘线,采用三鼓成型机成型,B型翻转式双模硫化机硫化。成品性能试验结果表明:轮胎充气外缘尺寸、强度性能、耐久性能和高速性能良好,滚动阻力性能达到B级,噪声性能达到A级,雪地性能达到专业雪地轮胎水平。

关键词:宽基全钢子午线轮胎;结构设计;施工设计;滚动阻力;噪声;雪地性能

中图分类号:U463.341+.3/.6;TQ336.1⁺1 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-8171(2018)10-0000-04

近年来,随着欧盟ECE-R117法规及轮胎标签法实施的不断深入,欧盟用户对全钢轮胎产品的滚动阻力、噪声和湿滑性能的要求也越来越高,部分北欧国家对产品的雪地性能也提出了强制性要求,标签等级越高、性能越出色的轮胎产品在市场上越能得到客户的认可。

基于此,我公司设计开发了高性能宽基385/65R22.5全钢子午线轮胎,除了考虑轮胎耐久、强度、外缘尺寸等方面的性能要求之外,更通过花纹设计、施工设计和胶料配方优化使产品的滚动阻力、噪声达到比较高的等级,雪地性能达到专业雪地轮胎的水平。

1 技术要求

兼顾GB/T 2977—2016《载重汽车轮胎规格、尺寸、气压与负荷》、欧洲轮胎轮辋标准(ETRTO)和美国轮胎轮辋协会标准(TRA)确定高性能宽基385/65R22.5全钢子午线轮胎的技术参数如下:标准轮辋 11.75,充气外直径(D') 1 072 (1 057~1 087) mm,充气断面宽(B') 389

(374~404) mm,标准充气压力 900 kPa,单胎标准负荷 4 500 kg。

轮胎负荷等级为160,速度级别为K,耐久和强度性能满足企业标准要求,滚动阻力、噪声和雪地性能满足ECE-R117法规要求。

2 结构(模具轮廓)设计

轮廓设计对轮胎的性能有重要的影响,本产品通过有限元分析的方法,在模具未加工前对轮胎轮廓及内部结构设计进行优化,从而得到轮廓膨胀合理、接地印痕形状及压力分布均匀的模具轮廓尺寸及材料分布。优化后的材料分布及网格划分如图1所示,负荷下接地印痕如图2所示。

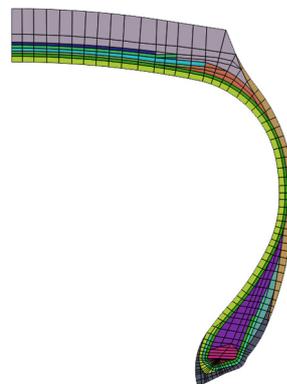


图1 材料分布及网格划分

作者简介:晋琦(1984—),男,陕西西安人,陕西延长石油集团橡胶有限公司工程师,硕士,主要从事全钢子午线轮胎的设计研发工作。

E-mail:jin-qi-2008@163.com

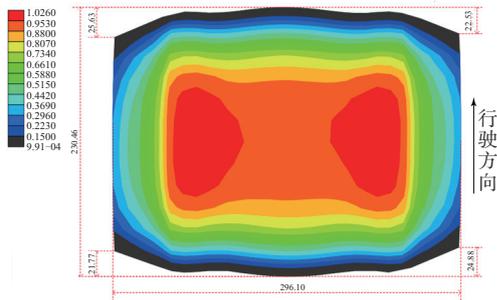


图2 轮胎接地印痕

2.1 外直径(D)和断面宽(B)

模具 D 和 B 的设计直接影响成品轮胎的充气外直径和充气断面宽。全钢子午线轮胎由于胎冠有多层钢丝束束层进行箍紧,充气外直径膨胀率较小,对于宽基轮胎产品而言,膨胀率更小。因此,结合类似产品的设计经验及有限元的计算结果,本产品采用接近 D' 标准中值设计, D 取1 070 mm,外直径膨胀率(D'/D)为1.001 6。

B' 既与 B 值相关,也与胎圈着合宽度(C)有直接关系,根据类似产品的设计经验及有限元计算结果, B 取392 mm。

2.2 行驶面宽度(b)和弧度高(h)

行驶面宽度对轮胎的耐磨性、滚动阻力和地面抓着力均有影响,综合考虑性能均衡, b 取300 mm,与 B 的比值为0.76。

h 和胎冠弧度的设计对轮胎接地印痕形状及压力分布有明显的影响,同时对胎冠和胎肩区域内部应力应变也有较大的影响,通过有限元分析,对不同胎冠弧线设计进行对比,最终优选 h 取值为14.5 mm。

2.3 胎圈着合直径(d)和 C 及胎圈角度

无内胎产品通过胎圈与轮辋之间的过盈配合保证气密性,因此, d 的选取非常重要,过大会导致轮胎漏气,过小则不易于装配,本设计 d 取值与轮辋直径相同,即572 mm。 C 采取轮辋着合宽度放宽25.4 mm(1英寸)设计,取值324 mm。胎圈角度选取 20° 和 27° 两段曲线。

2.4 断面水平轴位置(H_1/H_2)

断面水平轴的位置对于平衡胎圈与胎冠部位的受力有重要作用,水平轴过高会导致胎冠部位应力过大,增加胎冠区域的故障风险,水平轴过低会加剧胎圈区域的应力集中,导致胎圈故障

增加^[1-2]。根据有限元计算优化结果确定 H_1/H_2 取1.058。

2.5 胎面花纹

385/65R22.5轮胎在欧洲一般用于拖轮位,而北美地区则牵引车和挂车均会使用,根据客户的需求及竞争产品的情况,胎面最终确定为4条曲折沟的花纹样式,花纹深度设计为16 mm,花纹饱和度为78.5%。花纹展开如图3所示。

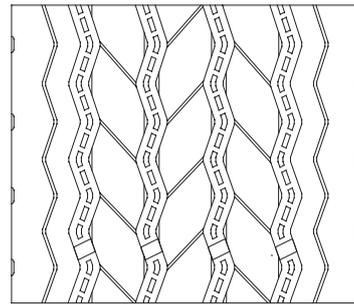


图3 胎面花纹展开示意

该产品对噪声有较高的要求。轮胎噪声一般包括气动噪声、泵浦噪声、腔体共振管腔噪声、粘着滑移噪声及胎面花纹块撞击和振动噪声等^[3]。胎面花纹设计对轮胎噪声有重要影响,为了避免高噪声,在花纹设计中采用变节距花纹设计,节距数量为3个,节距的排列方式使用噪声优化软件进行仿真优化,获得最终的节距排列方案。

考虑到该产品对雪地性能有要求,因此在花纹钢片设计方面增加一定的密度,同时对花纹钢片深度及走向做适当调整,有利于提高雪地抓着性能。

3 施工设计

3.1 胎面

胎面部件对轮胎滚动阻力的影响很大,为了达到降低滚动阻力的目的,胎面部件设计采用内嵌式的双胶结构设计,如图4所示。

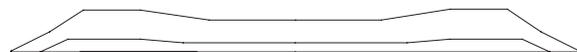


图4 胎面部件结构

胎面胶选用耐磨性良好的低滚动阻力胶料,基部胶选用低生热、撕裂强度高的胶料配方。胎面肩宽与 b 的比值为0.926,肩宽与全宽的比值为0.746,中厚与肩厚比值为0.74。

3.2 带束层

带束层是轮胎的主要受力部件,限制胎体帘线的膨胀、稳定胎面区域并抵抗冲击。带束层的结构设计及钢丝帘线选型很重要,直接影响轮胎的耐久性能。本产品采用4层带束层结构,1[#]带束层采用 $3 \times 0.20 + 6 \times 0.35$ HT钢丝帘线,2[#]和3[#]带束层采用 $3 + 8 \times 0.33$ HT钢丝帘线,4[#]带束层采用 5×0.35 HI钢丝帘线,其密度分别为40,45和40根 $\cdot \text{dm}^{-1}$ 。

3.3 胎体

胎体用以承受轮胎的负荷压力、内部空气压力及横向剪切力等^[4-5],因此,胎体钢丝帘线应具有较高的负荷能力,以保证安全性。本产品胎体采用密度为60根 $\cdot \text{dm}^{-1}$ 的 $0.25 + 6 + 12 \times 0.225$ HT钢丝帘线,该钢丝胎体大卷工艺成熟、质量稳定可靠,强度满足要求。

3.4 钢丝圈

钢丝圈采用强度较高的通用型 $\Phi 1.65$ mm镀锌铜回火胎圈钢丝,其附胶后直径为1.8 mm,呈斜六角形排列,共有72根钢丝,排列结构为9-10-11-12-11-10-9。

3.5 成型

该产品在三鼓成型机上成型,使用572 mm (22.5英寸)胶囊成型鼓,根据材料分布图确定各部件定位参数,为了保证胎坯质量及减少层间气泡,对胎体筒滚压、胎面滚压、胎侧滚压、胶囊反包压力等进行优化,最终得到成型工艺参数。

3.6 硫化

硫化采用1 651 mm (65英寸)热板式B型翻转式双模定型硫化机,一次定型压力 0.02~0.04 MPa,二次定型压力 0.06~0.08 MPa,热板温度 147 °C,模套温度 153 °C,过热水温度 172 °C,过热水压力 2.6 MPa,总硫化时间 52 min。

4 成品性能

4.1 外缘尺寸

外缘尺寸按照GB/T 521—2012《轮胎外缘尺寸测量方法》进行检测,装配于标准轮辋,在标准充气压力下,充气外直径为1 070 mm,充气断面宽为380 mm,满足GB/T 2977,ETRTO和TRA标准

要求。

4.2 强度性能

强度性能按照GB/T 4501—2016《载重汽车轮胎性能室内试验方法》进行测试,压头直径为38 mm,下压速率为 $50 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$,第5点压穿,最小破坏能为5 632 J,满足企业标准($\geq 2 203 \text{ J}$)。

4.3 耐久性能

耐久性能试验前47 h按照GB/T 4501—2016进行测试,单胎标准负荷为4 500 kg,试验速度为 $56 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,当试验时间超过47 h后按照企业标准不断增加载荷,直至破坏,累计行驶时间为93.53 h,试验结束时胎冠脱层,耐久性能良好[满足企业标准($\geq 57 \text{ h}$)要求],试验条件和结果如表1所示。

表1 耐久性能试验条件和结果

试验阶段	负荷率/%	行驶时间/h
1	66	7
2	85	16
3	101	24
4	110	5
5	110	5
6	120	8
7	130	8
8	140	8
9	150	5
10	160	5
11	170	2.53

4.4 高速性能

高速性能按照企业标准进行测试,具体试验条件为:充气压力 900 kPa,负荷率 90%,在 $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 速度下预跑2 h,停机冷却2 h后按 $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 的起始速度每30 min速度增加 $10 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,直至破坏,最终在 $150 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 的速度下行驶10 min后破坏[满足企业标准($\geq 110 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$)要求],破坏状态为胎冠脱层,累计行驶时间为5.67 h,达到K速度级别要求。

4.5 噪声性能

通过噪声按照ECE-R117法规由第三方检测机构做产品认证测试,噪声测试结果为70 dB(A),噪声等级达到ECE-R117法规第二阶段指标要求($\leq 73 \text{ dB}$),标签法等级达到A级。

4.6 滚动阻力性能

滚动阻力性能按照ECE-R117法规由第三方检测机构做产品认证测试,滚动阻力因数的测试

结果为4.48,达到ECE-R117法规第二阶段指标要求(≤ 6.5),标签法等级达到B级。

4.7 雪地性能

雪地性能按照ECE-R117法规由第三方检测机构做产品认证测试,雪地性能指数测试结果为1.25,达到专业雪地轮胎的指标要求。

5 结语

为了使产品性能达到较高水平,385/65R22.5轮胎在设计过程中运用经验设计与仿真分析相结合的方法,使其在外缘尺寸、强度、耐久、高速等性能良好的基础上,滚动阻力性能达到B级,噪声性能达到A级,雪地性能达到专业雪地轮胎的指标要

求,很好地满足了客户的需求,使产品在市场上具有较强的竞争力。

参考文献:

- [1] 隋振杰. 435/50R19.5低断面宽基无内胎全钢载重子午线轮胎的设计[J]. 轮胎工业,2018,38(2):84-87.
- [2] 李福香,张春颖,邢正涛. 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.
- [3] Gent A N, Walter J D. 轮胎理论与技术[M]. 危银涛,李勇,冯希金,等译. 北京:清华大学出版社,2013:256-260.
- [4] 张绍凤,温显新. 385/65R22.5 20PR全钢载重子午线轮胎轻量化设计[J]. 轮胎工业,2018,38(2):79-83.
- [5] 梁华,韩晓霞. 295/75R22.5 14PR无内胎全钢载重子午线轮胎的设计[J]. 橡胶科技,2016,14(11):44-46.

收稿日期:2018-08-30

Design on High Performance Wide Base 385/65R22.5 All-Steel Radial Tire

JIN Qi, ZHAO Yibin, WANG Nuan

(Shaanxi Yanchang Petroleum Group Rubber Co., Ltd, Xianyang 712000, China)

Abstract: The design on high performance wide base 385/65R22.5 all-steel radial tire was described. During the designing, experience design and simulation analysis were used to optimize the mold profile and pattern pitch arrangement, and the tread was applied with low rolling resistance compound which had good wear resistance. In structure design, the following parameters were taken: overall diameter 1 070 mm, cross-sectional width 392 mm, width of running surface 300 mm, arc height of running surface 14.5 mm, bead diameter at rim seat 572 mm, bead width at rim seat 324 mm, maximum width position of cross-section (H_1/H_2) 1.058, 4 longitudinal zigzag grooves pattern with variable pitch design for tread, pattern depth 16 mm, the number of pattern pitches 3, and block/total ratio 78.5%. In construction design, the following processes were taken: built-in double compound structure for tread, four layers structure for belt, $3 \times 0.20 + 6 \times 0.35$ HT steel cord for 1[#] belt, $3 + 8 \times 0.33$ HT steel cord for 2[#] and 3[#] belt, 5×0.35 HI steel cord for 4[#] belt, $0.25 + 6 + 12 \times 0.225$ HT steel cord for carcass, using three-drum building machine to build tire and B type turnover double mold curing press to cure tire. It was confirmed by the finished tire test that, the inflated peripheral dimensions, strength performance, endurance performance and high speed performance were good, the rolling resistance was grade B, the passing noise was class A, and the snow performance reached the level of special snow tire.

Key words: wide base all-steel radial tire; structure design; construction design; rolling resistance; noise; snow performance