

绿色高里程全钢载重子午线轮胎的设计研发

吕伟,刘永强,孙宗涛,王慎平,曲家玉,鞠浩

[浦林成山(山东)轮胎有限公司,山东 荣成 264300]

摘要:介绍绿色高里程全钢载重子午线轮胎的设计研发。使用TDSS轮胎设计与仿真系统对轮胎的接地印痕和压力分布、稳态温度场分布和花纹块刚度进行仿真优化。结构设计:外直径 1 082 mm,断面宽 290 mm,行驶面宽度 240 mm,行驶面弧度高 6.5 mm,采用3种节距设计,节距总数 80,花纹节距比 0.91:1:1.1,花纹深度 17.5 mm,花纹饱和度 78.1%。施工设计:胎面采用定速、定量、稳定的挤出方式,胎冠胶为配方和工艺优化的高耐磨胶料,胎体采用3+9+15×0.175+0.15钢丝帘线,带束层采用4层带束层结构,1#和4#带束层分别采用3×0.20+6×0.35HT和5×0.35H1钢丝帘线,2#和3#带束层采用3+8×0.33HT钢丝帘线。成品轮胎性能试验结果表明,轮胎充气外缘尺寸、强度性能、耐久性能和高速性能均符合国家或企业标准要求。

关键词:全钢载重子午线轮胎;绿色;高里程;仿真技术;耐磨性能;结构设计;施工设计;成品性能

中图分类号:U463.341⁺.3

文章编号:1006-8171(2022)04-0208-04

文献标志码:A

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2022.04.0208



OSID 开放科学标识码
(扫码与作者交流)

随着公路物流运输企业之间的竞争日趋激烈,伴随国家对车辆超载治理的不断深入,如何最大程度地降低运输成本成为各物流运输企业的终极追求。轮胎使用成本作为运输的重要成本之一,对物流公司及从业者有着重要影响。适应公路物流运输新形势的高里程、低生热绿色产品,已成为全钢载重子午线轮胎的发展趋势。对国内市场调研表明,仅有较少轮胎企业的载重轮胎产品在实际使用中行驶里程达到40万km以上。为此我公司开发了一款绿色、高里程全钢载重子午线轮胎,现将产品设计情况介绍如下。

1 仿真技术

在产品开发设计阶段运用我公司自主开发的TDSS轮胎设计与仿真系统评估产品性能,保证轮胎性能达到设计目标。主要仿真内容如下。

(1) 轮胎的接地印痕和压力分布。通过对比不同方案,优选方案使轮胎的接地压力分布更均匀,从而提高产品的耐磨性能,并确保轮胎具有较高的行驶里程^[1]。轮胎的接地印痕云图如图1

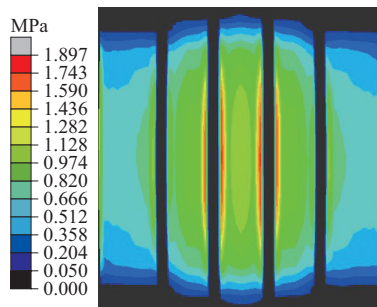


图1 轮胎的接地印痕云图

所示。

(2) 轮胎内部的温度场分布。通过仿真得到轮胎滚动时的稳态温度场分布情况(见图2),优选出生热较低的方案,以保证轮胎具有优异的耐久性能。

(3) 轮胎花纹块刚度。轮胎花纹块刚度与耐

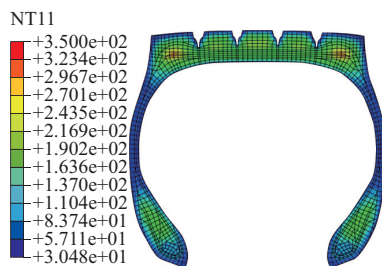


图2 轮胎滚动时的稳态温度场分布

作者简介:吕伟(1982—),女,山东烟台人,浦林成山(山东)轮胎有限公司高级工程师,学士,主要从事全钢载重子午线轮胎研发工作。

E-mail:wlv@prinxcchengshan.com

磨性能相关度较高,通过有限元分析对比不同花纹块刚度(见图3),选择高刚度花纹块方案以提高轮胎的行驶里程。

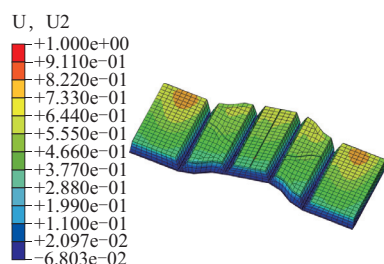


图3 轮胎花纹块刚度仿真

2 结构设计

2.1 技术要求

根据GB/T 2977—2016,确定轮胎技术参数为:测量轮辋 9.00,充气外直径(D') 1 085 (1 068~1 100) mm,充气断面宽(B') 300 (288~312) mm,负荷指数 152,速度级别 149L,层级 18,标准充气压力 830 kPa,单胎最大负荷 3 550 kg。

2.2 结构参数

根据产品的实际使用条件,本次设计轮胎外直径膨胀率 $[D'/D(\text{外直径})]$ 为1.003,即 D 取1 082 mm,断面宽膨胀率 $[B'/B(\text{断面宽})]$ 为1.034,即 B 取290 mm。行驶面宽度(b)和弧度高(h)对轮胎的牵引性能和路面抓着力影响较大,为保证轮胎的耐磨性能,本次设计 b 取240 mm, h 取6.5 mm, $h/H(\text{断面高})$ 取0.025^[1-4]。轮胎材料分布如图4所示。

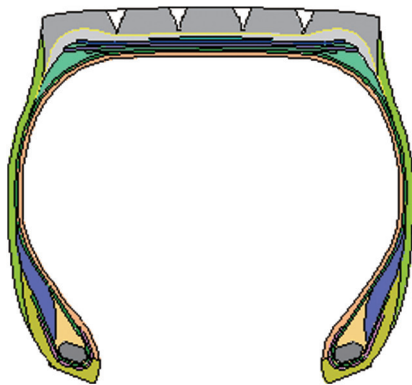


图4 轮胎材料分布

2.3 花纹设计

为保证产品的耐磨性能,同时兼顾低生热性能,花纹设计参数如下:花纹深度 17.5 mm,采用3种节距设计,节距总数 80,花纹节距比 0.91:1:1.1,花纹饱和度 78.1%。

采用钻石沟壁设计使花纹块稳定性和刚度达到最佳,减轻花纹块受力时的变形蠕变,从而提高轮胎的耐磨性能;采用2层台设计,合理设计沟壁的倾斜角度,有利于防夹石和弹出石子,从而保护花纹沟底不受损伤。

增大边块比例设计,增加轮胎肩块的体积,提高肩部刚性,从而改善花纹肩部偏磨和畸形磨损的情况^[5-8]。

轮胎三维造型如图5所示。



图5 轮胎三维造型

3 施工设计

3.1 胎冠

胎冠是轮胎与地面直接接触的部分,因此要求其具有优异的耐磨、抗刺扎、抗崩花掉块等特点。运用新型稀土顺丁橡胶,高结构、小粒径超耐磨炭黑和新型加工助剂的合理配比,同时应用补充母炼混炼工艺,实现胶料各组分的均匀分散和门尼粘度的稳定。在提高胎冠胶料耐磨性能的同时使胶料具有更低的生热和滚动阻力,提高轮胎综合性能。

为加快产品的研发进度,成品轮胎室内耐磨性能试验与产品设计同步进行,使用室内转鼓磨损试验机对成品轮胎(不同胎冠胶配方)进行耐磨性能试验,通过模拟调整路面的摩擦因数、轮胎负荷、横向力、纵向力和滑移角等参数,使测试条件更接近实际使用条件。

设竞品轮胎的耐磨指数为1,经第1次室内转

鼓磨耗测试,方案1,2,3和基础配方轮胎的耐磨指数分别为0.54,0.65,0.82和0.64,其中方案3最接近竞品轮胎。于是在方案3的基础上对配方进行了改善得到方案A和B并进行了第2次室内转鼓磨耗测试,2个试验方案轮胎的耐磨指数均有了进一步的提高,分别达到了0.89和0.85。由于室内转鼓磨耗无法完全与轮胎的实际装车使用条件相符,使用方案A和B试制轮胎进行实车对比路试。

选用前期试验耐磨性能最佳的胎冠胶配方,工艺上采用定速、定量、稳定的挤出方式,降低半成品气孔率,从而保证胶料的密实度。

3.2 骨架材料

根据轮胎的市场定位及使用条件,本次设计胎体采用3+9+15×0.175+0.15钢丝帘线,安全倍数达到6.78,满足设计的安全性能要求。制作工艺使用霍尼韦尔钢丝压延厚度自动调整装置,保证钢丝帘布的厚度稳定,并保证轮胎有足够承载能力。

采用4层带束层结构,根据轮胎受力分析,2[#]和3[#]带束层为主要受力层,均采用3+8×0.33HT钢丝帘线,1[#]带束层采用3×0.20+6×0.35HT钢丝帘线,4[#]带束层采用5×0.35HI钢丝帘线,1[#]—4[#]带束层帘线角度依次为50°,18°,18°和18°,带束层安全倍数达到6.3。

钢丝圈排列结构为8-9-10-11-10-9-8,胎圈钢丝使用Φ1.65 mm的镀青铜回火胎圈钢丝,单根缠绕法生产,钢丝圈安全倍数为6.4,达到设计要求,保证胎圈具有足够的强度和刚性。

4 成品性能

4.1 外缘尺寸

成品轮胎充气外缘尺寸按照GB/T 521—2012《轮胎外缘尺寸测量方法》进行测量,在标准充气压力下, D' 为1 085.4 mm, B' 为300.4 mm,符合国家标准要求。

4.2 强度性能

按照GB/T 4501—2016《载重汽车轮胎性能室内试验方法》进行轮胎强度性能试验,试验条件为:充气压力 930 kPa,压头直径 38 mm。成品轮胎的强度性能测试结果如表1所示。

表1 成品轮胎的强度性能测试结果

测试点	破坏能/J	测试点情况
1	2 424.2	未穿
2	2 424.9	未穿
3	2 423.6	未穿
4	2 427.3	未穿
5	4 421.9	未穿

注:轮胎最小破坏能为2 203 J,试验结束时轮胎第5点的破坏能是最小破坏能的200.7%。

从表1可以看出,成品轮胎的强度性能良好,符合国家标准要求。

4.3 耐久性能

成品轮胎的耐久性能按照企业标准进行测试,试验条件为:充气压力 930 kPa,试验负荷 3 550 kg。成品轮胎的耐久性测试结果如表2所示。

表2 成品轮胎的耐久性测试结果

试验阶段	负荷率/%	行驶时间/h
1	65	7
2	85	16
3	100	24
4	110	10
5	120	10

注:试验速度为65 km·h⁻¹,试验结束时轮胎未损坏。

从表2可以看出,成品轮胎耐久性测试的累计行驶时间为67 h,试验结束时轮胎未损坏,符合企业标准(累计行驶时间≥67 h)的要求。

4.4 高速性能

成品轮胎的高速性能按照企业标准进行试验,试验条件为:充气压力 930 kPa,试验负荷 3 550 kg。成品轮胎高速性能试验结果如表3所示。

表3 成品轮胎高速性能试验结果

试验阶段	试验速度/(km·h ⁻¹)	行驶时间/min
1	0~100	10
2	100	10
3	110	10
4	120	30
5	130	15

注:负荷率为100%。

从表3可以看出,成品轮胎的高速性能试验累计行驶时间为75 min,试验结束时轮胎未损坏,符合企业标准要求。

4.5 路试情况

2019年5月,选取有代表性的北方、中原、南方多种作业环境,分别在山东荣成、山东聊城、广东潮州和吉林4个地区设置了11部2-DD+3型长途标准载荷车辆并进行同车对比路试,行驶路线覆盖全国大部分地区。路试历经7—9月的高温、高湿季节,在相同使用环境和车型条件下,试验轮胎A和B行驶里程均超出竞品1/3以上,轮胎的耐磨性能优异,自洁性能、驾乘舒适性和性价比均优于竞品。

5 结论

以该规格为代表的高行驶里程、绿色轮胎产品的开发项目,在2019年8月通过了山东省橡胶行业协会专家组的科技成果评价,综合技术达到国际先进水平。该产品将以高里程、极高性价比的特点在长途公路运输物流市场取得一席之地。

该轮胎的充气外缘尺寸、强度性能、耐久性能和高速性能均符合相应国家或企业标准要求,均达到设计要求。高里程产品主要为长途物流车辆

设计,可大幅度带动中小型物流公司及个人车主使用。该规格轮胎经市场验证,性能良好,为企业创造了良好的收益。

参考文献:

- [1] 高荣彬,黄兆阁,雍占福.基于三维设计软件CATIA的12R22.5全钢载重子午线轮胎的施工设计[J].轮胎工业,2020,40(3):148-151.
- [2] 梁晖,王国林,梁晨,等.行驶面宽度和弧度高对轮胎偏磨影响的有限元分析[J].橡胶工业,2019,66(3):207-212.
- [3] 裴守刚.客车轮胎偏磨分析与解决措施[J].机电技术,2019(5):75-79.
- [4] 戚燕海.轻型卡车后轮胎偏磨问题研究[J].汽车博览,2021(6):109.
- [5] 王洁,李钊,李子然.制动工况下不同滑移率轮胎胎面的磨耗行为研究[J].橡胶工业,2021,68(8):563-568.
- [6] 赵亚元.子午线轮胎胎面磨耗性能的有限元分析[D].青岛:青岛科技大学,2015.
- [7] 梁晨.子午线轮胎综合接地性能评价体系与方法研究[D].镇江:江苏大学,2013.
- [8] 杨栋生.全钢载重子午线轮胎工厂生产工艺[J].橡塑技术与装备,2019,45(9):45-48.

收稿日期:2021-10-17

Design and Development of Green High Mileage Truck and Bus Radial Tire

LYU Wei, LIU Yongqiang, SUN Zongtao, WANG Shenping, QU Jiayu, JU Hao

[Prinx Chengshan (Shandong) Tire Co., Ltd, Rongcheng 264300, China]

Abstract: The design and development of green high mileage truck and bus radial tire was introduced. The tire footprint and pressure distribution, steady-state temperature field distribution and block stiffness were simulated and optimized using the TDSS tire design and simulation system. In the structure design, the following parameters were taken: overall diameter 1 082 mm, cross-sectional width 290 mm, width of running surface 240 mm, arc height of running surface 6.5 mm, using three pitch design, total number of pitches 80, pattern pitch ratio 0.91 : 1 : 1.1, pattern depth 17.5 mm, and block/total ratio 78.1%. In the construction design, the following processes were taken: a constant speed, quantitative and stable extrusion method was adopted for the tread processing, the crown was formed by using an optimized high wear-resistant compound and an optimized process, the carcass adopted 3+9+15×0.175+0.15 steel cord, and the belt layer adopted 4-layer structure, in which 3×0.20+6×0.35HT and 5×0.35HI steel cords were applied in the 1[#] and 4[#] belts, respectively, and 3+8×0.33HT steel cord was used in the 2[#] and 3[#] belts. The test results of the finished tire showed that the tire inflated peripheral dimension, strength, endurance and high-speed performance all met the requirements of national or enterprise standards.

Key words: truck and bus radial tire; green; high mileage; simulation technology; wear resistance; structure design; construction design; finished tire performance