

7.00R16LT 14PR公路型全钢轻型载重子午线轮胎的开发

王建兵, 蒋婷婷, 阳晓岚, 王胜学

[中策橡胶(建德)有限公司, 浙江 建德 311607]

摘要:介绍7.00R16LT 14PR公路型全钢轻型载重子午线轮胎的开发。结构设计:外直径 768 mm,断面宽 198 mm,行驶面宽度 148 mm,行驶面弧度高 4.8 mm,胎圈着合直径 404.1 mm,胎圈着合宽度 152 mm,断面水平轴位置(H_1/H_2) 0.990 7;采用有限元分析方法,通过调整轮胎外轮廓曲线解决冠部花纹异常磨损问题;花纹沟壁采用单边双层设计,花纹沟底采用偏心设计,可有效改善花纹沟夹石子问题。施工设计:胎体采用 $3 \times 0.22/9 \times 0.20$ CCHT钢丝帘线,带束层采用 $2 \times 2 + 7 \times 0.30$ ST超高强度钢丝帘线,以提升轮胎的高速性能和承载性能;胎面配方优化设计后可提高轮胎的耐磨及抗刺扎性能。成品轮胎性能试验结果表明,成品轮胎充气外缘尺寸及强度、耐久和高速性能均符合设计要求。

关键词:公路型;轻型载重子午线轮胎;有限元分析;结构设计;施工设计;强度;耐久性能;高速性能

中图分类号:U463.341⁺.3/.6

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2022)02-0078-04

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2022.02.0078



OSID 开放科学标识码
(扫码与作者交流)

近年来,随着城镇建设的不断发展,城乡道路情况越来越好,道路运输能力不断提升。公路型全钢轻型载重子午线轮胎也得到普遍推广和应用。但因各地区市场情况有别,同样的产品在不同地区反馈出不同问题^[1-4]。为适应市场形势,我公司先后开发了8.25R16LT,7.50R16LT,7.00R16LT和6.50R16LT等规格产品,均取得了良好的效果。

针对市场反馈的轮胎肩部和胎圈脱层等问题,我公司对全钢轻型载重子午线轮胎产品设计开发进行攻关。本工作以7.00R16LT系列新产品设计开发为例,将产品设计开发的相关情况简介如下。

1 技术参数要求

参照GB/T 2977—2016,确定7.00R16LT 14PR公路型全钢轻型载重子午线轮胎技术参数为:标准轮辋 5.50F,充气外直径(D') 775(762~786) mm,充气断面宽(B') 200(192~210) mm,单胎标准充气压力 770 kPa,

单胎负荷 1 320 kg。

市场对轻型载重子午线轮胎的使用要求如下:高速性能好、胎面耐磨、沟底抗刺扎、装配性好和操控稳定性良好。

2 结构设计

2.1 外直径(D)、断面宽(B)和着合宽度(C)

全钢子午线轮胎的70%负荷由钢丝帘线带束层承担^[5-9],由于钢丝帘线的伸张和变形较小,根据子午线轮胎的特点并结合我公司工艺情况,最终确定轮胎的外直径膨胀率(D'/D)为1.003,水平轴位置断面宽膨胀率(B'/B)为1.002。

根据国家标准规定并结合本次设计时带束层采用超高强度钢丝帘线,确定本次设计 D 为768 mm;为提高轮胎的装配性能, C 取值需比标准轮辋大半英寸(即12.7 mm)设计, C 取152 mm;为提升胎圈抗变形能力,同时考虑 C 的增大对 B' 的影响, B 取198 mm。

2.2 行驶面宽度(b)和弧度高(h)

b 和 h 的取值对轮胎冠部曲线有重要影响,对轮胎的操控稳定性、抗侧滑能力、接地印痕形状和耐磨性能影响较大。由于本规格轮胎用于公路物

作者简介:王建兵(1987—),男,湖北枣阳人,中策橡胶(建德)有限公司工程师,硕士,主要从事全钢子午线轮胎结构设计工作。

E-mail:124448000@qq.com

流运输轻型载重车辆,对速度要求较高,同时需具备较好的承载能力。通过对轮胎接地区域受力分布进行有限元分析可以看出(见图1):当冠弧为两段弧设计时既可改善轮胎胎面与地面的接触形状,也可以减小单位面积的压强,使压力分布更均匀,从而提升轮胎的操控稳定性和耐磨性能,同时兼具优异的抗侧滑能力。因此本次设计冠弧采用两段弧设计, b 取148 mm, h 取4.8 mm。

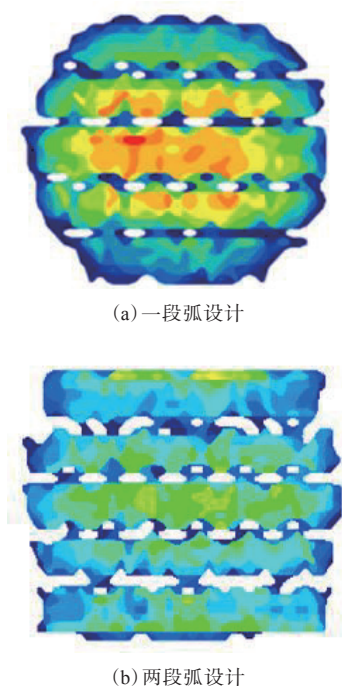


图1 轮胎接地区域受力分布有限元分析

2.3 断面水平轴位置(H_1/H_2)和胎圈着合直径(d)

断面水平轴位置对轮胎整体受力分布有较大影响。断面水平轴位置偏向轮胎冠部时,会造成轮胎承载时肩部变形大,产生肩部脱层;断面水平轴位置偏向胎圈部位时,会造成轮胎胎圈部位变形增大,剪切应变大,生热高,造成轮胎早期胎圈开裂或胎圈脱空现象。本设计中 H_1/H_2 取0.990 7,水平轴高度位置位于轮胎断面内轮廓中部,以均衡胎肩和胎圈应力产生的变形。本次设计 H_1 取90.50 mm, H_2 取91.35 mm。

轮胎承载时,轮胎与地面接触区域对应的胎踵与轮辋接触位置受力增大,胎趾受力减小,轮胎胎圈与轮辋曲线配合形态发生改变,导致胎趾产

生上翘趋势。因此本次设计的胎圈曲线与轮辋曲线采用过盈配合形式, d 取404.1 mm。

2.4 胎面花纹

胎面花纹设计对轮胎的使用寿命和行车安全有较大的影响,对汽车的操控性能起到关键作用。针对公路路况好和车速高的使用特点,选用抗侧滑性能优异的水浪型花纹,同时为防止胎面花纹沟底被石子刺伤,花纹沟壁设计采用自洁性优异的单边双台阶设计,花纹沟底的偏心设计(见图2)可有效保护花纹沟底不被刺伤。胎肩采用U形沟槽开放设计,可提升胎肩部位散热性能。

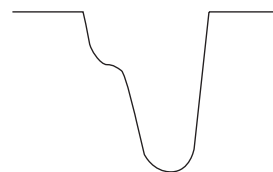


图2 胎面花纹沟示意

根据市场上全钢轻型载重子午线轮胎的使用车况及环境,本次花纹设计适当降低轮胎的海陆比,花纹块面积占总行驶面面积的75.9%。

胎面花纹展开如图3所示。

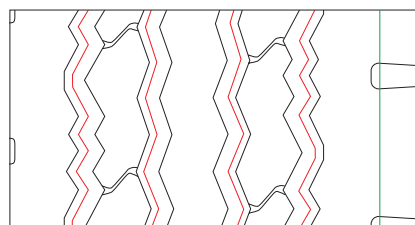


图3 胎面花纹展开示意

3 施工设计

3.1 胎面

由于公路型轮胎胎面花纹深度较小,轮胎长时间的高速行驶过程中胎面热量聚集会使胎面胶耐磨性能下降,易造成异常磨损和肩部脱空等质量问题。故胎面胶采用天然橡胶与顺丁橡胶并用配方设计,以提高轮胎的耐磨性能,降低生热。

胎面胶主要物理性能如表1所示。

3.2 胎体

根据轮胎负荷、钢丝帘线强度(本产品胎体采用钢丝帘线规格为 $3 \times 0.22/9 \times 0.20$ CCHT)及轮

表1 胎面胶主要物理性能

项 目	实测值	Q/HZR A033—2006
邵尔A型硬度/度	65	62~68
100%定伸应力/MPa	2.5	2.0~4.0
300%定伸应力/MPa	9.5	8.0~10.5
拉伸强度/MPa	26.1	≥22
拉伸伸长率/%	545	530~610
拉伸永久变形/%	25	18~30
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	90	80~130
阿克隆磨耗量/cm ³	0.12	≤0.40

胎使用环境,计算胎体安全倍数为8.2,满足轮胎承载的使用要求。

3.3 带束层

带束层的刚度和强度对轮胎负荷性能和高速性能至关重要。根据市场调研情况及设计计算结果,本次设计采用2层带束层结构,均采用2+7×0.30ST超高强度钢丝帘线,角度为18°。该设计可保证轮胎在M级速度级别下正常行驶。带束层安全倍数为9.2。

3.4 胎圈

钢丝圈采用直径为1.55 mm的高强度胎圈钢丝,排列方式为5-6-7-6-5-2.5,共31.5根。钢丝圈直径为412.5 mm,安全倍数为7.6。钢丝圈外面用930V₂锦纶6帘布螺旋式紧密缠绕,缠绕用帘布宽度为20 mm。该设计可确保胎圈整体性且有足够的强度和刚性,以满足高载高速行驶时胎圈不变形的使用要求。

4 成品性能

试制7.00R16LT 14PR公路型全钢轻型载重子午线轮胎,并对成品轮胎进行充气外缘尺寸、强度、耐久性能和高速性能检测。

4.1 充气外缘尺寸

充气外缘尺寸根据GB/T 521—2012要求进行测量,在770 kPa充气压力下, D' 为772 mm, B' 为196 mm,符合国家标准要求。

4.2 强度性能

强度性能按照GB/T 4501—2016进行测试,测得轮胎最小破坏能为1 066.5 J,为标准值(712 J)的149.8%。成品轮胎的强度性能测试结果如表2所示。

从表2可以看出,轮胎强度满足使用要求。

表2 成品轮胎强度性能测试结果

试验点	破坏能/J	与标准值的百分比/%
1	713.3	100.2
2	713.2	100.2
3	713.3	100.2
4	713.4	100.2
5	1 066.5	149.8

注:压头直径为19 mm,试验结束时第5点未压穿。

4.3 耐久性能

耐久性能根据企业标准进行测试,测试条件为:充气压力 770 kPa,负荷 1 320 kg,试验速度 80 km·h⁻¹。当成品轮胎累计行驶时间为136.2 h时,轮胎出现胎肩破裂。成品轮胎的耐久性试验结果如表3所示。

表3 成品轮胎耐久性试验结果

试验阶段	负荷率/%	行驶时间/h
1	75	7
2	95	16
3	115	24
4	125	10
5	135	10
6	145	10
7	155	10
8	165	10
9	175	10
10	185	10
11	195	10
12	205	9.2

从表3可以看出,成品轮胎的耐久性能达到设计要求。

4.4 高速性能

高速性能根据企业标准进行测试,试验条件为:充气压力 770 kPa,负荷 1 056 kg。当轮胎行驶速度增大至170 km·h⁻¹,运行21 min时出现胎冠起鼓。成品轮胎高速性能试验结果如表4所示。

表4 成品轮胎高速性能试验结果

试验阶段	试验速度/(km·h ⁻¹)	时间/min
1	110	10
2	110	10
3	120	10
4	130	30
5	140	30
6	150	30
7	160	30
8	170	21

从表4可以看出,成品轮胎的高速性能达到设计要求。

5 结论

7.00R16LT 14PR公路型全钢轻型载重子午线轮胎投入批量生产后,生产工艺稳定,合格率达99.85%;成品轮胎的充气外缘尺寸、强度性能、耐久性能和高速性能均达到设计要求。该规格轮胎经实际使用验证后,在抗侧滑能力、高速性能、操控稳定性、花纹自洁能力及耐磨、承载等方面得到市场认可,取得了良好的经济和社会效益。

参考文献:

[1] 陈进富.面向轮胎花纹的逆向系统设计及其性能研究[D].合肥:合肥工业大学,2017.

- [2] 王国林,周浩,梁晨,等.外轮廓和结构参数对载重子午线轮胎疲劳寿命的影响[J].橡胶工业,2017,64(5):290-294.
- [3] 姚斌.355/50R22.5宽基低断面全钢载重子午线轮胎的设计[J].时代汽车,2021(2):137-138.
- [4] 马建国.高速公路行驶中安全使用轮胎的分析[J].黑龙江科技信息,2008(7):15.
- [5] 陈五七,文盛辉,鲍晓娟.9.00R20 16PR矿山型全钢载重汽车子午线轮胎的设计[J].橡胶科技市场,2010,8(15):9-11.
- [6] 徐学强,钟武,何晓东.ST205/75D15 6PR公路型挂车轮胎的设计[C].“赛轮金宇杯”第19届中国轮胎技术研讨会论文集.北京:中国化工学会橡胶专业委员会,2016:176-177.
- [7] 刘从臻,李亚龙,李永强,等.花纹结构参数对轮胎性能影响分析及优化设计[J].广西大学学报(自然科学版),2021,46(2):344-352.
- [8] 周海超,陈青云,李慧云,等.花纹结构对轮胎气动噪声影响的风洞试验研究[J].橡胶工业,2020,67(11):821-826.
- [9] 尹章顺,王夫亮.轮胎花纹对整车气动特性影响的等效方法研究[J].汽车科技,2020(3):27-31.

收稿日期:2021-08-02

Development of 7.00R16LT 14PR Highway Light Truck and Bus Radial Tire

WANG Jianbing, JIANG Tingting, YANG Xiaolan, WANG Shengxue

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

Abstract: The design on 7.00R16LT 14PR highway light truck and bus radial tire was introduced. In the structure design, the following parameters were taken: overall diameter 768 mm, cross-sectional width 198 mm, width of running surface 148 mm, arc height of running surface 4.8 mm, bead diameter at rim seat 404.1 mm, bead width at rim seat 152 mm, and maximum width position of cross-section (H_1/H_2)

0.990 7. The problem of abnormal wear of crown pattern was solved by adjusting the outer contour curve of the tire by using the finite element analysis method. The single-sided double-layer design was adopted for the groove wall and the eccentric design was adopted for the groove bottom, which could effectively improve the problem of stone inclusion in the groove. In the construction design, the following processes were taken: the carcass adopted $3 \times 0.22/9 \times 0.20$ CHT steel cord, and the belt adopted 2 layers of $2+7 \times 0.30$ ST ultra-high tenacity steel cord to improve the high-speed performance and loading performance of the tire. The optimized tread formula could improve the wear resistance and puncture resistance of the tire. The test results of the finished tire showed that the inflated peripheral dimension, strength, endurance performance and high-speed performance met the design requirements.

Key words: highway type; light truck and bus radial tire; finite element analysis; structural design; construction design; strength; endurance performance; high-speed performance

启事 《轮胎工业》《橡胶工业》《橡胶科技》不向作者收取审稿费。任何机构、个人以任何名义向作者收取审稿费均为诈骗行为。请广大作者互相转告,勿信诈骗信息。有任何疑问请及时与编辑部联系。《轮胎工业》《橡胶工业》《橡胶科技》投稿渠道为官方网站 <http://www.rubbertire.com.cn> 与 <http://www.rubbertire.cn>, 任何其他网上投稿渠道均为假冒。