

295/60R22.5 HF81低扁平比全钢载重子午线轮胎的设计

牛飞¹, 邱新新^{2*}, 胡源², 马鹏之³, 晋琦⁴, 高明³

(1. 华勤橡胶工业集团, 山东 济宁 272100; 2. 山东华勤橡胶科技有限公司, 山东 济宁 272100; 3. 济宁齐鲁检测技术有限公司, 山东 济宁 272000; 4. 通力轮胎有限公司, 山东 济宁 272100)

摘要:介绍295/60R22.5 HF81低扁平比全钢载重子午线轮胎的设计。结构设计: 外直径 919 mm, 断面宽 290 mm, 行驶面宽度 245 mm, 行驶面弧度高 7.5 mm, 胎圈着合直径 570.5 mm, 胎圈着合宽度 241 mm, 断面水平轴位置(H_1/H_2) 1.05; 胎面采用4条纵向曲折花纹沟, 花纹深度 14.5 mm, 花纹周节数 73, 花纹饱和度 79.2%。施工设计: 胎面采用胎面胶、基部胶和过渡层胶复合设计; 采用4层带束层结构, 1[#]带束层采用0.37+6×0.32ST钢丝帘线, 2[#]和3[#]带束层采用4+6×0.32ST钢丝帘线, 4[#]带束层采用5×0.35HI高伸长钢丝帘线; 胎体采用3×0.24+9×0.225ST钢丝帘线; 采用VMI四鼓一次法成型机成型, 热板式硫化机硫化。成品性能测试结果表明, 轮胎的各项性能均满足设计要求, 接地印痕为矩形, 轮胎花纹磨损均匀, 产品性能优异。

关键词:低扁平比; 全钢载重子午线轮胎; 结构设计; 施工设计; 成品轮胎性能; 接地印痕

中图分类号:U463.341⁺.3/.6

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2022)09-0519-04

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2022.09.0519



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

随着国家对道路交通安全关注度的提高、相关法规的发布实施以及经济的快速发展,能有效增大装货体积的低平板半挂车被市场广泛接受,其采用的低扁平比轮胎的市场份额不断增大。我公司为完善产品系列,提升产品竞争力,以及进一步开拓国内市场,完成了295/60R22.5 HF81规格低扁平比全钢载重子午线轮胎的开发,现将具体情况介绍^[1-5]。

1 产品定位与技术要求

产品的目标销售区域为国内替换轮胎市场,用于标载长途运输用低平板半挂车的拖车轮胎,依据GB/T 2977—2016,确定295/60R22.5 HF81轮胎的技术参数为:标准轮辋 9.00×22.5,充气外直径(D') 921 mm,充气断面宽(B') 286 mm,层级 18,标准充气压力 900 kPa,标准负荷 3 350(单胎)/3 075(双胎) kg,速度级别 L。

作者简介:牛飞(1990—),男,山东济宁人,华勤橡胶工业集团工程师,学士,主要从事轮胎企业生产管理和科技项目管理工作。

*通信联系人(xinxin.qiu@hixih.com.cn)

2 结构设计

2.1 外直径(D)和断面宽(B)

由于低扁平比全钢载重子午线轮胎带束层刚性比普通轮胎大,充气前后轮胎外直径变化较小, D' 与 D 相比通常膨胀1~3 mm,本次 D' 取标准中值,设计 D 取919 mm。

考虑到低扁平比轮胎的接地印痕较普通轮胎更容易表现为反弧形,通过提高轮胎实际的扁平比可以避免出现这种接地印痕,因此 B' 取下限,本设计 B 取290 mm。

2.2 行驶面宽度(b)和弧度高(h)

b 和 h 是胎面冠部轮廓设计的主要参数,对决定轮胎磨耗均匀程度的接地印痕形状有着重要的影响,本设计产品优先考虑耐磨性能,接地印痕形状的设计目标为矩形。一般断面越低的轮胎系列, b 和 h 越大。考虑到同时减小 h 和胎面肩部厚度可以得到矩形的接地印痕,从而提高轮胎的耐磨性能,降低胎肩部位温度,并降低胎肩空发生比例,本设计 b 取245 mm, h 取7.5 mm,胎肩部位与冠中厚度比取1.09。

2.3 胎圈着合直径(d)和着合宽度(C)

胎圈与轮辋一般采用过盈设计。若 d 值偏小,会导致装胎困难,容易损伤胎圈;若 d 值太大,钢丝圈无法起到箍紧固定的作用,轮胎与轮辋不能紧密结合,容易产生相对滑移,严重时会导致轮胎脱圈,造成严重的安全事故^[6]。结合以往设计经验,本次设计 d 取570.5 mm。

为保证无内胎轮胎充气的便利性, C 采取比轮辋宽半寸设计,取241 mm。

2.4 断面水平轴位置(H_1/H_2)

断面水平轴位于轮胎断面最宽处,对轮胎肩部性能和承载能力有着重要影响。考虑到该产品主要用于标载运输车辆,优先考虑肩部性能,采用非平衡轮廓理论进行水平轴计算, H_1/H_2 取1.05。

轮胎断面轮廓如图1所示。

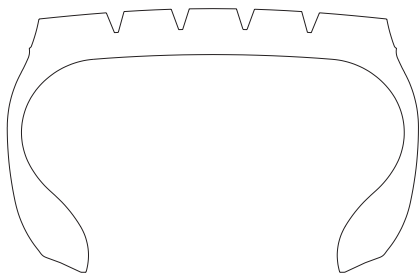


图1 轮胎断面轮廓示意

2.5 胎面花纹

该规格轮胎主要面对国内市场,用于拖车轮位,行驶路况以高速公路居多,故采用4条纵向曲折沟花纹;采用变节距设计,以减小噪声,设计花纹深度为14.5 mm,周节数为73,花纹饱和度为79.2%,胎面花纹展开如图2所示。

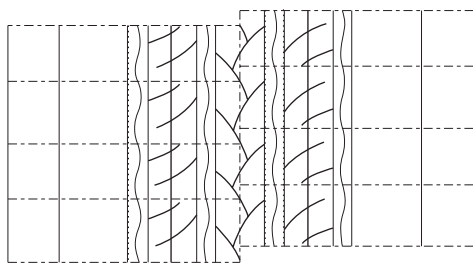


图2 胎面花纹展开示意

3 施工设计

3.1 胎面

胎面采用胎面胶、基部胶和过渡层胶复合设

计。胎面胶采用高耐磨配方,保证轮胎的耐磨性能;考虑到降低胎肩生热可以有效降低轮胎肩空发生比例,因此基部胶采用低生热配方,以降低胎肩部位温度,提升胎肩部位性能;过渡层胶采用粘合性能优异的配方,避免出现猫眼气泡等工艺问题。胎面结构如图3所示。



图3 胎面结构示意

3.2 带束层和胎体

带束层承担子午线轮胎由充气产生的60%~75%的应力,并且带束层的刚性影响接地印痕的长度,进而影响轮胎的耐磨性能。而低扁平比轮胎充气后,带束层帘线的张力较普通轮胎大。通过综合评估胎冠的拉伸刚度、弯曲刚度和剪切刚度并结合公司现有工艺条件,本设计轮胎胎体采用4层带束层结构,其中1#带束层为缓冲层,采用 $0.37+6\times 0.32$ ST钢丝帘线,帘线密度为 $40\text{根}\cdot\text{dm}^{-1}$,裁断角度为 52° ;2#和3#带束层为工作层,采用 $4+6\times 0.32$ ST钢丝帘线,帘线密度为 $48\text{根}\cdot\text{dm}^{-1}$,裁断角度均为 20° ;4#带束层为保护层,采用 5×0.35 HI高伸长钢丝帘线,裁断角度为 20° ,帘线密度为 $40\text{根}\cdot\text{dm}^{-1}$,起缓冲、过渡和保护的作用。

本设计轮胎胎体采用具有较高强度、良好柔软性和耐屈挠性能的 $3\times 0.24+9\times 0.225$ ST超高强度钢丝帘线。

为保证轮胎的使用安全,骨架材料的强度必须满足一定要求,基于非平衡轮廓中的压力分担率理论进行安全倍数计算。通过计算,胎体的安全倍数为11.1,带束层的安全倍数为7.71,符合设计要求。

3.3 钢丝圈

钢丝圈采用 $\Phi 1.55$ mm高强度胎圈钢丝,呈 15° 斜六角形排列,排列方式为9-10-11-11-10-9,共60根,通过计算,钢丝圈的安全倍数达到8.41,符合设计要求。

3.4 有限元优化

根据以上基本设计,完成材料分布图,利用有限元仿真分析对施工设计方案进行优化^[7-10],结果

如图4所示。

以胎肩部位接地长度与胎冠中部接地长度的比值作为评价指标,同时考虑到该产品用于拖车轮位,轮胎实际负荷较低,经综合评估,选择方案3进行产品开发。

3.5 成型及硫化

采用VMI四鼓一次法成型机成型,成型工艺质量稳定;采用热板式硫化机硫化,硫化条件为:外部蒸汽压力 (0.26 ± 0.03) MPa,外部温度 (145 ± 2) $^{\circ}\text{C}$,过热水压力 (2.6 ± 0.1)

MPa,内部压力 (0.8 ± 0.05) MPa,总硫化时间 55 min。

4 成品轮胎性能

4.1 静态性能

将外检合格的成品轮胎安装在测量轮辋上,在标准充气压力下,分别按照GB/T 521—2003和GB/T 4051—2016进行外缘尺寸和强度性能测试,轮胎的 D' 和 B' 分别为921和286 mm,轮胎最小破坏能为7 745 J,满足法规要求。

4.2 耐久性能

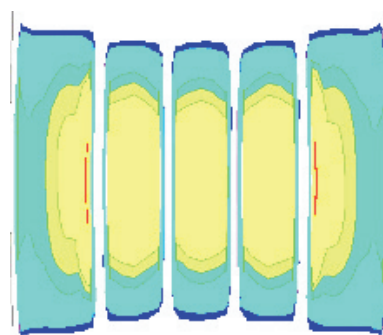
按照GB/T 4501—2016进行耐久性能测试,行驶47 h后,每10 h负荷增大10%直至轮胎损坏,本设计成品轮胎及B品牌和C品牌竞品轮胎的耐久性能累计行驶时间分别为82,59和78 h。结果表明,本设计成品轮胎室内耐久性能优于竞品轮胎,从而验证了产品设计思路正确,即降低胎肩部位厚度与冠中厚度的比值可以提高胎肩的耐久性能。

4.3 胎圈耐久性能

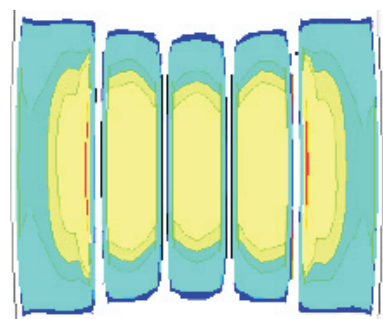
按照企业标准,将轮胎打磨除去花纹,进行胎圈耐久性能试验,试验条件为:充气压力 1 100 kPa,负荷 6 750 kg,速度 $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,本设计成品轮胎及B品牌和C品牌竞品轮胎的累计行驶时间分别为118,42和60 h。结果表明,本设计成品轮胎的胎圈耐久性能满足60 h的企业标准要求,且优于竞品轮胎。

4.4 接地印痕

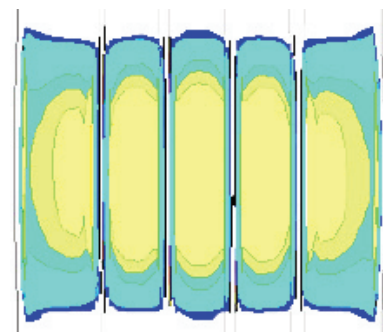
按照企业标准进行接地印痕测试,试验条件为:充气压力 900 kPa,试验负荷 3 350 kg。轮胎接地印痕测试结果如图5所示。



(a) 方案1



(b) 方案2



(c) 方案3

充气压力为900 kPa;负荷为3 000 kg。

图4 不同施工设计方案轮胎接地印痕仿真结果

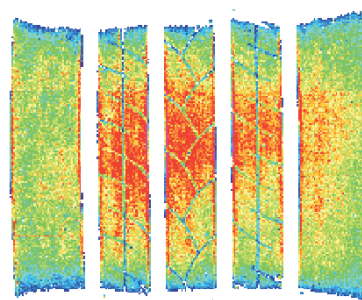


图5 轮胎接地印痕测试结果

从图5可以看出,本设计成品轮胎的接地印痕呈矩形,与仿直接地印痕一致,压力分布较均匀,印证了减小胎肩部位厚度和弧度高可以得到矩形的接地印痕的设计思路。

5 结论

295/60R22.5 HF81低扁平比全钢载重子午线轮胎的成功开发,证明采用较小的行驶面弧度高和减小胎肩部位厚度的设计思路是正确的,在提高胎肩耐久性能的同时获得了矩形接地印痕。本设计成品轮胎各项性能均满足设计要求,各花纹块磨损均匀。产品投入市场两年来性能优异,理赔率低,深受用户欢迎,为公司带来了可观的经济效益和社会效益。

参考文献:

[1] 梁守智,钟延堃,张丹秋. 橡胶工业手册(修订版) 第四分册 轮

胎[M]. 北京:化学工业出版社,1989.

- [2] 俞洪,丁剑平. 子午线轮胎结构设计与制造技术[M]. 北京:化学工业出版社,2006.
- [3] 全国轮胎轮辋标准化技术委员会. 载重汽车轮胎规格、尺寸、气压与负荷:GB 2977—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016.
- [4] 乔奉亮,康玉霞,沈照杰. 子午线轮胎扁平率与接地特性的关系[J]. 橡胶工业,2021,68(12):895-903.
- [5] 梁晖,王国林,梁晨,等. 行驶面宽度和弧度高对轮胎偏磨损影响的有限元分析[J]. 橡胶工业,2019,66(3):207-212.
- [6] 徐志和,张迎秋,李伟,等. 扁平无内胎轮胎胎圈质量缺陷原因分析及解决措施[J]. 轮胎工业,2005,25(5):292-294.
- [7] 刘志浩,刘钊汛,刘岩,等. 大扁平比胎侧解析刚度建模及轮胎动力学分析[J]. 振动工程学报,2022,35(1):159-167.
- [8] 吴福麒,李子然,李兵,等. 扁平化对子午线轮胎稳态温度场影响的有限元分析[J]. 中国科学技术大学学报,2007,37(10):1225-1230.
- [9] 李兵,李子然,夏源明,等. 扁平化对子午线轮胎力学性能影响的有限元分析[J]. 力学季刊,2007,28(2):209-216.
- [10] 谢海平. 基于有限元法的低扁平率轿车子午线轮胎设计[D]. 合肥:合肥工业大学,2013.

收稿日期:2022-07-25

Design on 295/60R22.5 HF81 Truck and Bus Radial Tire with Low Aspect Ratio

NIU Fei¹, QIU Xinxin², HU Yuan², MA Pengzhi³, JIN Qi⁴, GAO Ming³

(1. HIXIH Rubber Industry Group Co., Ltd., Jining 272100, China; 2. Shandong HIXIH Rubber Technology Co., Ltd., Jining 272100; 3. Jining Qilu Testing Technology Co., Ltd., Jining 272000, China; 4. Tongli Tyre Co., Ltd., Jining 272100, China)

Abstract: The design on 295/60R22.5 HF81 truck and bus radial tire with low aspect ratio was introduced. In the structure design, the following parameters were taken: overall diameter 919 mm, cross-sectional width 290 mm, width of running surface 245 mm, arc height of running surface 7.5 mm, bead diameter at rim seat 570.5 mm, bead width at rim seat 241 mm, maximum width position of cross-section (H_1/H_2) 1.05, the tread adopted 4 longitudinal zigzag grooves, pattern depth 14.5 mm, number of pattern pitches 73, and block/total ratio 79.2%. In the construction design, the following processes were taken: the tread adopted the composite tread design consisting of tread compound, base compound and transition ply compound, 4-layer structure was adopted for the belt in which $0.37+6\times 0.32$ ST steel cord was used for 1[#] belt, $4+6\times 0.32$ ST steel cord was applied for 2[#] and 3[#] belt, and 5×0.35 HI high elongation steel cord was adopted for 4[#] belt, the carcass adopted $3\times 0.24+9\times 0.225$ ST steel cord; VMI four-drum one-stage building machine was used to build the tire, and hot plate vulcanizer was used to cure the tire. The test results of the finished tire showed that all performances of the tire met the design requirements, the footprint of the tire was rectangular, the tire tread wear was uniform and the product performance was excellent.

Key words: low aspect ratio; truck and bus radial tire; structure design; construction design; finished tire performance; footprint