

8.25R15TR全钢载重子午线轮胎的设计

徐 剑,许美华

(山东领航轮胎研究院,山东 青岛 264000)

摘要:介绍8.25R15TR全钢载重子午线轮胎的设计。结构设计:外直径 836 mm,断面宽 235 mm,行驶面宽度 168 mm,行驶面弧度高 6.5 mm,胎圈着合直径 388 mm,胎圈着合宽度 177.8 mm,断面水平轴位置(H_1/H_2) 1.036,胎面花纹采用4条纵向直沟配合横向导槽设计,采用变节距设计,花纹深度 13 mm,花纹周节数 54,花纹饱满度 76.83%。施工设计:胎面采用胎冠胶、基部胶和粘合胶片,带束层采用3层带束层+2层0°冠带层,1°带束层采用 $3 \times 0.20 + 6 \times 0.35$ HT钢丝帘线,2°带束层采用 $3 + 8 \times 0.33$ HT钢丝帘线,3°带束层采用 5×0.30 HI钢丝帘线,胎体采用 $3 \times 0.24/9 \times 0.225$ CCST钢丝帘线,采用一次胶囊反包成型机成型、蒸锅式双模硫化机等等效变温硫化。成品轮胎性能试验结果表明,成品轮胎的充气外缘尺寸、强度性能和耐久性能均符合相应国家和企业标准要求。

关键词:全钢载重子午线轮胎;结构设计;施工设计;成品轮胎性能

中图分类号:U463.341⁺.3/.6

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2022)12-0715-05

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2022.12.0715



OSID 开放科学标识码
(扫码与作者交流)

虽然我国轮胎产业工业化起步相对较晚,但随着经济飞跃式的发展,我国轮胎工业进入了发展的快车道,逐渐成为世界轮胎生产大国。我国轮胎的研发、生产及销售服务水平不断提升,部分国产轮胎品质已经对齐国际一线品牌产品,深受国内外客户的青睐。

我公司在优化产品结构、匹配产品使用场景、用途细分、提升产品竞争力和持续满足客户需求等方面不断努力。为适应市场需求,结合我公司发展实际,采用有限元仿真分析技术,设计了8.25R15TR全钢载重子午线轮胎,现将其设计情况介绍如下。

1 技术要求

根据GB/T 2977-2016《载重汽车轮胎规格、尺寸、气压与负荷》和《美国轮胎轮辋协会标准年鉴(TRA)2018》,确定8.25R15TR全钢载重子午线轮胎的技术参数为:标准轮辋 6.5,充气外直径(D') 847(833.14~860.86) mm,充气断面宽(B') 236(226.56~245.44) mm,标准充气压

力 825 kPa,最大负荷 1 850(单胎)/1 750(双胎) kg,负荷指数 129(单胎)/127(双胎),最大速度 110 km·h⁻¹。

2 结构设计

2.1 外直径(D)和断面宽(B)

8.25R15TR全钢载重子午线轮胎的胎冠是由带束层、胎体及冠部胶组成,其冠部刚性较大。结合我公司相近规格轮胎的 D' 、 D 及外直径膨胀率(D'/D)数据统计表(见表1)可得,轮胎的周向和径向变形较小,充气后 D 一般增大0~4 mm,即 D'/D 为1.000~1.003。本设计 D 为836 mm, D' 取838 mm, D'/D 为1.002 4。

表1 相近规格轮胎的 D'/D 统计表

轮胎规格	D /mm	D' /mm	$D'-D$ /mm	D'/D
7.50R15TR	806	808	2	1.002 5
7.50R16LT	782	783	1	1.001 3
8.25R16LT	856	858	2	1.002 3

B 与轮胎的轮廓设计、花纹设计及施工设计有一定关联。结合我公司相近规格轮胎的 B' 、 B 及 B'/B 数据统计表(见表2)可得,充气后 B 变化一般在-5~5 mm,变化较小。本设计 B 取235 mm, B' 取233 mm, B'/B 为0.991 5。

作者简介:徐剑(1985—),男,山东枣庄人,山东领航轮胎研究院工程师,学士,从事轮胎基础理论研究、轮胎大数据分析和产品全生命周期管理工作。

E-mail:18763296898@163.com

表2 相近规格轮胎的 B'/B 统计表

轮胎规格	B/mm	B'/mm	$B'-B/\text{mm}$	B'/B
7.50R15TR	214	216	2	1.009 3
7.50R16LT	212	217	5	1.023 6
8.25R16LT	230	226	-4	0.982 6

2.2 行驶面宽度(b)和弧度高(h)

b 的取值需综合考虑胎面的耐磨性能、花纹的抓着性能及滚动阻力等多方面因素,既要保证轮胎在行驶过程中胎面接地受力均匀,又要通过增大冠部刚性从而减小轮胎冠部变形诱发的热量积累。合理的 b 和弧度半径设计可以有效地改善轮胎的接地印痕形状和接地压力分布,有效地避免肩磨、冠磨等畸形磨损病象的发生,从而改善轮胎的耐磨性能,延长轮胎的使用寿命。本次设计根据我公司现有较成熟产品的设计经验,最终确定 b 取168 mm,采用两段相切弧设计,肩部采用渐开线圆角的方式处理。

h 的取值影响着轮胎的接地印痕形状和胎冠压力分布偏度值^[1-4]。8.25R15TR全钢载重子午线轮胎初始设计的 h 为7.5 mm,将 h 作为设计变量,通过有限元分析方法研究 h 对轮胎耐磨性能和抓着性能的影响。

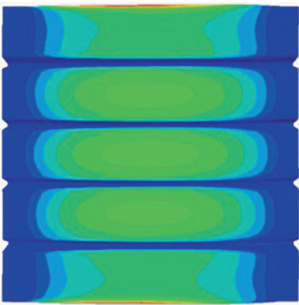
通过Abaqus有限元分析软件分析可得:当 h 分别取5.5、6.5和7.5 mm时,在额定充气压力下轮胎的 D' 和 B' 基本上没有变化;在标准负荷下,轮胎的径向刚度曲线随着 h 的减小呈增大的趋势;在额定充气压力、标准负荷下轮胎以60 km·h⁻¹的速度进行稳态滚动时,自由滚动半径随着 h 的增大呈减小的趋势,而相应的自由滚动角速度呈增大的趋势。

自由滚动工况下8.25R15TR全钢载重子午线轮胎的接地印痕、接地面积和接地压力偏度值及沿长轴方向接地压力分布的仿真结果分别如图1、表3和图2所示。

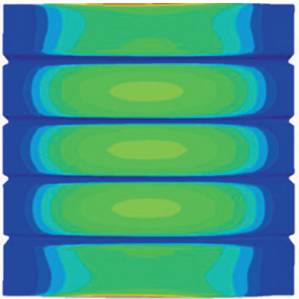
从图1可以看出,轮胎的接地印痕矩形率随着 h 的减小而增大。

从表3可以看出, h 为5.5 mm时,轮胎的接地面积和接地压力偏度值都最大,因此适当减小 h 有利于提高轮胎的抓着性能,但是不利于轮胎的耐磨性能。

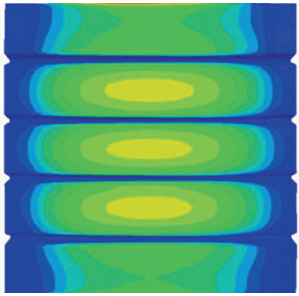
从图2可以看出, h 增大1 mm对于沿长轴方向



(a) h 为5.5 mm



(b) h 为6.5 mm



(c) h 为7.5 mm

图1 自由滚动工况下轮胎的接地印痕仿真结果

表3 自由滚动工况下轮胎的接地面积与接地压力偏度值

项 目	h/mm		
	5.5	6.5	7.5
接地面积/ cm^2	217.32	215.48	216.39
接地压力偏度值/kPa	249.36	242.63	247.52

的接地压力分布影响比较明显,其中胎冠中心区域3条花纹的接地压力随着 h 的增大而增大,胎肩边缘及胎肩到胎冠的过渡区域的接地压力随着 h 的增大而减小,因此适当减小 h 可以优化胎肩到胎冠接地压力的分布。综上所述,本次设计 h 取6.5 mm。

2.3 胎圈着合直径(d)和着合宽度(C)

8.25R15TR轮胎的标定轮辋直径为385 mm (15.156英寸)或387 mm (15.250英寸),标定

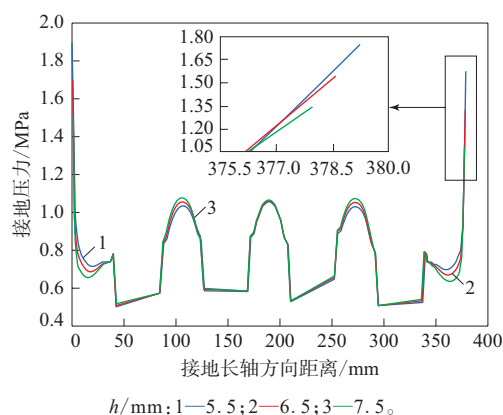


图2 轮胎沿长轴方向的接地压力分布

轮辋直径为385 mm时,查轮辋标准得知此轮辋为FB-Ⅱ型5°平底轮辋;标定轮辋直径为387 mm时,查轮辋标准得知此轮辋为FB-Ⅰ型5°平底轮辋。本规格轮胎有内胎,其充气压力由内胎保证,同时考虑胎圈与轮辋着合的紧密性和人工装卸方便,本次设计 d 取388 mm。

本规格轮胎标准轮辋为6.5,考虑到胎圈的受力以及轮胎与轮辋间的装配情况,结合我公司以往的设计经验, C 的取值在原来基础上增大12.7 mm(0.5英寸),本次设计 C 取177.8 mm。

2.4 断面水平轴位置(H_1/H_2)

全钢载重子午线轮胎断面水平轴位置是轮胎最薄、变形最大的位置,也是影响轮胎受力性能的关键位置之一,由于受到施工设计的影响,实际断面水平轴的位置可能会在一定范围内移动。当实际断面水平轴的位置靠上时,容易引起肩部应变能增大,导致肩部出现早期失效;同理,当实际断面水平轴的位置靠下时,容易造成胎圈出现早期的失效。综合考虑本规格轮胎的承载和速度情况,结合我公司以往的成熟设计经验,本设计 H_1/H_2 取1.036。

2.5 胎面花纹

根据客户需求、轮胎使用场景和竞品分析比较,我公司设计开发了以4条纵向花纹沟配合横向导槽的XRA08花纹,花纹深度为13 mm,花纹饱和度为76.83%。胎面花纹展开和三维效果分别如图3和4所示。

XRA08花纹通过Abaqus分析了轮胎的接地印

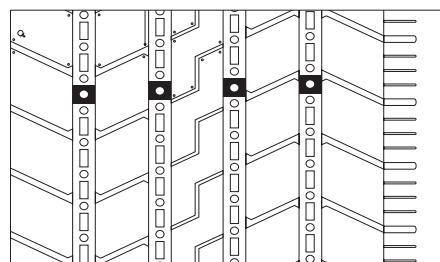


图3 胎面花纹展开示意

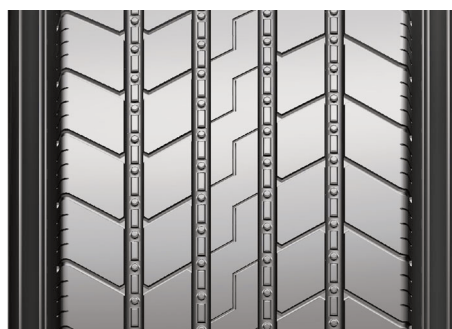


图4 胎面花纹三维效果

痕和压力分布,优化了花纹块的受力分布,提高了轮胎的抓着性能和耐磨性能;采用封闭形式胎肩设计,在提高胎肩部位刚性和支撑性能的同时,有效提高了轮胎的耐偏磨和抗撕裂性能;纵向花纹沟沟底增设弹石块装置,有效降低了夹石头的概率并保证轮胎的自洁性能;花纹总周节数为54,采用长、中、短3种节距组合的变节距设计,在保证轮胎具有良好的乘坐舒适性的同时,提高了产品的均匀性和动平衡水平。

3 施工设计

3.1 胎面

胎面胶由采用天然橡胶和超耐磨炭黑配方的胎冠胶、低生热配方的全分层基部胶和粘合胶片3部分组成,该设计可以保证轮胎接地胎冠区域的耐磨、抗刺扎和抓着力满足要求,同时可以有效地降低轮胎冠部因变形而导致的热量积累,粘合胶片可以实现从胎面到冠带层的胶料粘性过渡^[5-6]。

轮胎材料分布如图5所示。

3.2 带束层

轮胎冠部采用3层带束层+2层0°冠带层的结构设计。1#带束层主要是承担胎体和冠部的受力过渡作用,采用 $3 \times 0.20 + 6 \times 0.35$ HT钢丝帘线;2#

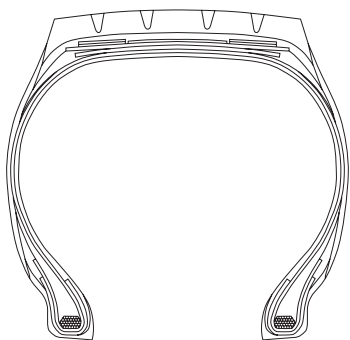


图5 轮胎材料分布

带束层是工作层,采用强度更高的 $3+8\times 0.33\text{HT}$ 钢丝帘线; $3^\#$ 带束层主要是为了实现骨架材料与胎面之间的缓冲,使用 $5\times 0.30\text{HI}$ 高缓冲钢丝帘线;为了平衡肩部伸张,在 $2^\#$ 带束层上方缠绕两层 0° 冠带层, 0° 冠带层选用13根 $3\times 7\times 0.20\text{HE}$ 钢丝帘线。根据有限元正交设计仿真计算, $1^\#$ 、 $2^\#$ 和 $3^\#$ 带束层的角度分别取 24° 、 15° 和 15° 时综合效果较佳,方向分别为正向、负向和正向;带束层边部采用包边胶片,可以有效地隔离空气,同时应对应力和应变效果较好,若条件允许 $2^\#$ 带束层可采用大包的工艺设计,其轮胎性能会更佳^[7]。

胎冠是轮胎接地和受力的主要区域,而带束层作为主要的受力部件之一,经核算其安全倍数为6.5。

3.3 胎体

根据市场走访调研并结合竞品分析,在胎体设计方面,本设计主要考虑轮胎的承载性能和翻新性能,因此对所使用钢丝帘线的破断力、耐屈挠性能和耐疲劳性能都有严格的要求。本设计中的胎体采用我公司目前应用较为成熟的 $3\times 0.24/9\times 0.225\text{CCST}$ 钢丝帘线,胎体边部采用包边工艺,对应肩部和钢丝圈位置均采用冷贴胶片加厚工艺,保证帘线平直度的同时提高轮胎的工艺和性能通过性。胎体安全倍数计算结果为9.3。

3.4 胎圈

胎圈设计合理与否关系胎圈部位的故障率及翻新性能。考虑到市场使用翻新轮胎的需求,本设计采用覆胶直径为1.8 mm、单丝破断力不小于3.9 kN且排布更为合理的34根缠绕直径为401.2 mm的5-6-7-8-7排布结构,外缠绕1层厚度为1.0

mm的粘合胶片+2层锦纶包布。采用 60° 跳线一次的工艺缠绕,以应对因胎体与钢丝圈缠绕尖点应力集中而产生的早期失效问题,有效地降低了轮胎抽丝或断丝的病象发生率。胎圈安全倍数计算结果为7.6。

3.5 成型

成型采用两鼓一次法胶囊反包成型机,主鼓贴合直径为373 mm,辅鼓贴合直径为773 mm。根据我公司对轮胎动平衡和均匀性的控制标准要求,采用现有成熟的接头分散方案生产,胶部件接头按照对齐、压实的标准坡接,钢丝部件按照对齐、压实的标准对接,接头部位辊压平实,设备精度定期校验,保证胶部件压合及传递精度满足设计要求。

3.6 硫化

采用1 397 mm(55英寸)蒸锅式双模硫化机等等效变温硫化,在保证硫化受热均匀的同时对于工厂的节能降耗作用明显。具体硫化条件为:外压蒸汽压力 $(0.36\pm 0.01)\text{ MPa}$,外压蒸汽温度 $(147\pm 2)^\circ\text{C}$,内压蒸汽压力 $(0.8\pm 0.1)\text{ MPa}$,内压蒸汽温度 $(175\pm 3)^\circ\text{C}$,硫化时间39 min。

4 成品轮胎性能

4.1 充气外缘尺寸

根据GB/T 521—2012《轮胎外缘尺寸测量方法》对轮胎的充气外缘尺寸进行测量,在标准充气压力下成品轮胎的 D' 为838 mm, B' 为233 mm,磨耗高度为2.3 mm,均符合设计要求。

4.2 成品内控

根据公司的检验标准,对成品轮胎进行X光、动平衡、均匀性、气泡、接地印痕和滚动阻力等项目进行检测,各项性能均符合公司检验标准要求。

4.3 强度性能

按照GB/T 4501—2016《载重汽车轮胎性能室内试验方法》对轮胎的强度性能进行测试,测试条件为:充气压力 825 MPa,压头直径 38 mm。第5点破坏能为3 491.5 J,为标准值(2 282 J)的153%。

4.4 耐久性能

按照GB/T 4501—2016和企业标准进行轮胎的耐久性能测试,试验条件如表4所示。耐久性测试轮胎累计行驶时间为85 h,结束试验时轮胎外观完好,达到国家标准要求。

表4 轮胎耐久性测试条件

试验阶段	运行时间/h	负荷率/%	试验负荷/kg
1	7	65	1 203
2	16	85	1 573
3	24	100	1 850
4	8	110	2 035
5	10	130	2 405
6	10	150	2 775
7	10	170	3 145

注:单胎负荷 1 850 kg,充气压力 825 kPa,试验速度 55 km·h⁻¹。

5 结论

8. 25R15TR全钢载重子午线轮胎的充气外缘尺寸、强度性能和耐久性能均符合相应国家标准或企业标准的要求,性能满足设计目标。

8. 25R15TR全钢载重子午线轮胎的成功研发,完善了我公司的产品结构,填补了我公司此类产品的空白。自投放市场以来,产品认可程度高,耐磨性能好且具有较好的燃油经济性,得到海外用户的广泛认可,提升了我公司产品的综合竞争力,创造了良好的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 曹金凤,石亦平. ABAQUS有限元分析常见问题解答[M]. 北京:机械工业出版社,2009.
- [2] 梁守智,钟延璩,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.
- [3] 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.
- [4] 贾景波. 295/60R22.5无内胎全钢载重子午线轮胎的设计[J]. 轮胎工业,2019,39(11):657-659.
- [5] 黄兆阁,李伟,孟祥坤,等. 骨架材料对免充气轮胎承载性能和接地性能的影响[J]. 橡胶工业,2020,67(4):294-301.
- [6] 孙崇志. 高性能轮胎胎面用橡胶复合材料组成、微观结构与性能间关系的研究[D]. 北京:北京化工大学,2019.
- [7] 曹小峰. 3×0. 28ST超高强度钢帘线的性能及应用[J]. 冶金管理,2019(23):21-23.

收稿日期:2022-08-06

Design on 8. 25R15TR Truck and Bus Radial Tire

XU Jian, XU Meihua

(Shandong Navigator Tyre Research Institute, Qingdao 264000, China)

Abstract: The design on 8.25R15TR truck and bus radial tire was introduced. The structure design parameters were as follows: overall diameter 836 mm, cross-section width 235 mm, width of running surface 168 mm, arc height of running surface 6.5 mm, bead diameter at rim seat 388 mm, bead width at rim seat 177.8 mm, maximum width position of cross-section (H_1/H_2) 1.036, using 4 longitudinal straight grooves and lateral guide grooves for tread pattern, variable pitch design was adopted, pattern depth 13 mm, number of pattern pitches 54, and block/total ratio 76.83%. In the construction design, the following processes were taken: the tread was made of crown compound, base compound and adhesive film. 3 layers of belt+2 layers of 0° cap ply were adopted for the belts, 3×0.20+6×0.35HT steel cord, 3+8×0.33HT steel cord and 5×0.30HI steel cord were used for the 1[#], 2[#] and 3[#] belt, respectively, 3×0.24/9×0.225CCST steel cord was adopted for the carcass, one-stage capsule turn-up building machines were used to build tires and steamer type double-mode vulcanizers with adjustable temperature were used to cure tires. The test results of the finished tire showed that the inflated peripheral dimension, strength performance and durability of the finished tire met the requirements of corresponding national and enterprise standards.

Key words: truck and bus radial tire; structural design; construction design; finished tire performance