

低肩冠比12R22.5无内胎全钢载重子午线轮胎的开发

徐 钦,张 颖

(中策橡胶集团股份有限公司,浙江 杭州 310018)

摘要:介绍低肩冠比12R22.5无内胎全钢载重子午线轮胎的开发。结果表明:12R22.5轮胎肩冠比小于1.3时,可以满足轮胎轻量化以及降低设计成本的要求;成品轮胎的充气外缘尺寸和强度性能均符合国家标准要求,耐久性能和高速性能满足设计和企业标准要求,静态接地性能和滚动阻力系数满足配套主机厂要求。

关键词:无内胎全钢载重子午线轮胎;肩冠比;参数优化;成品轮胎性能;有限元模型

中图分类号:U463.341⁺.3/.6

文章编号:1006-8171(2023)10-0594-04

文献标志码:A

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2023.10.0594



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

我国汽车产业的高速发展和公共交通基础设施建设的巨大投入,带动了轮胎制造业的繁荣。轮胎产量的增大也带来了环境保护压力以及资源有效利用等多方面的问题^[1-3]。随着我国“力争于2030年前实现碳排放、2060年前实现碳中和”目标的不断推进,合理高效的资源利用对生产制造企业的重要性越来越突出,绿色环保型轮胎成为轮胎企业开发与制造的重点产品^[4-7]。12R22.5轮胎作为我公司产量很大的产品,推进其绿色环保品种的开发尤为重要。

较低肩冠比(胎肩厚度与胎冠中部厚度之比)无内胎全钢载重子午线轮胎的开发是从产品设计初期就注重轮胎的肩冠比,通过减小肩冠比,实现轮胎的轻量化设计^[8-10]。国内主流轮胎厂的轮胎肩冠比范围为1.4~1.6,米其林、普利司通和固特异等外资品牌的轮胎肩冠比范围为1.3~1.5。外资品牌的轮胎整体肩冠比设计较国内品牌的轮胎更有竞争力。

本工作基于我公司预应变轮廓理论(Pre-strain contour theory, PSCT)技术系统,通过调整轮胎肩冠比开发更小质量、更低滚动阻力的12R22.5无内胎全钢载重子午线轮胎。

作者简介:徐钦(1987—),男,江苏盐城人,中策橡胶集团股份有限公司工程师,硕士,主要从事轮胎结构设计及产品开发工作。

E-mail:xuqin_1987@126.com

1 产品设计

1.1 轮胎有限元模型

根据轮胎不同部位的性能差异,在有限元模型中定义不同的材料属性,采用三维实体单元模拟轮胎各部位材料。在骨架材料端部和胎圈等结构复杂、容易损坏的部位,加大网格划分密度。考虑轮胎充气压力、负荷等情况,轮胎与轮辋和路面接触的部分设为接触单元。轮胎胎圈部位与轮辋接触,受到轮辋与钢丝圈的约束。12R22.5轮胎有限元模型如图1所示。



图1 12R22.5轮胎有限元模型

1.2 主要结构设计参数

12R22.5轮胎主要结构设计参数有行驶面宽度(a)、胎冠弧高度(b)、胎肩厚度(c)、胎冠中部厚度(d),如图2所示。

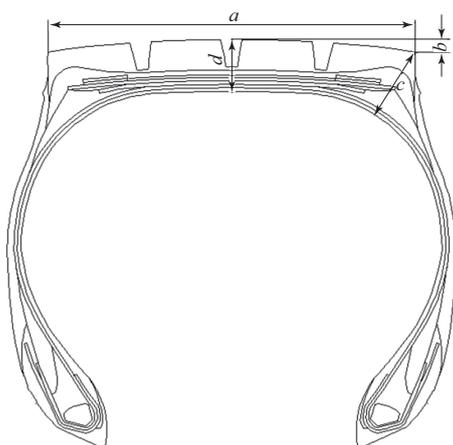


图2 12R22.5轮胎结构设计参数示意

1.3 优化模型建立

本工作的重点是通过肩冠比的优化,达到轮胎轮廓材料成本与轮胎耐磨性能的平衡。本研究涉及的部分数学模型在此处统一规定,肩冠比(V)的定义如下:

$$V = \frac{c}{d} \quad (1)$$

引用Archard提出的轮胎磨损模型,计算公式如下:

$$q = \frac{kPA\gamma}{H} \quad (2)$$

式中, q 为磨损量, k 为磨损因数, P 为轮胎接地法向压力, A 为轮胎接地面积, γ 为轮胎接地面的滑移率, H 为材料硬度。

根据磨损模型可以得出,轮胎磨损量与轮胎接地压力成正比。根据无内胎全钢载重子午线轮胎的轮廓设计经验,肩冠比越大则轮胎接地压力越小,耐磨性能越佳,但是肩冠比越大,轮胎设计成本也越高,因此结合公司实际需求提出下述3个优化目标:(1)轮胎肩冠比最小化;(2)轮胎接地面积最大化;(3)轮胎磨损量最小化。

1.4 PSCT技术系统参数优选

通过我公司PCST技术系统,结合哈尔滨工业大学有限元仿真分析软件(TYSYS4.0),对自变量 a 、 b 和 V 进行有限元分析,结果见表1。试验结果表明,当肩冠比减小至1.25时,有限元模拟的轮胎耐磨性能较好,设计材料成本的经济收益率较大。

2 成品轮胎性能

将设计的1.25肩冠比12R22.5无内胎全钢载

表1 不同肩冠比的轮胎接地性能与成本分析数据

序号	肩冠比	接地面积/mm ²	设计材料质量/kg
1	1.30	40 155	57.5
2	1.29	39 487	57.2
3	1.28	38 845	56.7
...
6	1.25	37 634	55.1
...
10	1.21	37 259	54.7

注:由于公司要求,只给出部分试验数据。

重子午线轮胎进行成品轮胎生产,并进行室内性能测试。

2.1 外缘尺寸

按照GB/T 2977—2016,使用228.6 mm×571.5 mm(9.00英寸×22.5英寸)标准轮辋,在930 kPa标准充气压力下测量轮胎外缘尺寸,轮胎充气外直径和充气断面宽符合国家标准要求,满足公司新产品投产要求。

2.2 强度性能

按照GB/T 6327—1996要求进行压穿强度性能试验,试验条件为:充气压力 930 kPa,压头直径 38 mm。结果表明,轮胎试验破坏能为3 304.5 J,试验结束时未压穿,试验破坏能达到国家标准规定值(2 203 J)的150%,强度性能满足设计和投产要求。

2.3 耐久性能

按照全钢子午线轮胎性能测试企业标准(Q/HCR A05202-001—2020)进行轮胎耐久性能测试,转鼓直径为(1 700±17) mm,试验充气压力为单胎最大充气压力,转鼓速度为65 km·h⁻¹,具体测试条件见表2。

轮胎耐久性能测试累计行驶时间为127.62 h,损坏形式为肩部裂开,达到企业标准要求(≥97 h),耐久性能优异。

2.4 高速性能

按照全钢子午线轮胎性能测试企业标准(Q/HCR A05202-001—2020)进行轮胎高速性能测试,充气压力为930 kPa,额定负荷为3 550 kg。成品轮胎最高行驶速度达到160 km·h⁻¹,超过企业标准L速度级别要求(120 km·h⁻¹),满足设计和投产要求。

2.5 滚动阻力

按照ISO 28580—2018进行轮胎滚动阻力测

表2 轮胎耐久性能测试条件

试验阶段	负荷率/%	时间/h
1	66	7
2	85	16
3	101	24
4	110	10
5	120	10
6	130	10
7	140	10
8	150	10
9	160	10
10	170	10
11	180	10
12	190	10
13	200	10
14	200	轮胎损坏为止

试。试验结果表明,轮胎滚动阻力系数小于 $5.5 \text{ N} \cdot \text{kN}^{-1}$,满足配套主机厂要求。

2.6 静态接地压力分布

按照GB/T 22038—2018进行轮胎静态接地压力分布试验,并使用Tekscan软件进行轮胎静态接地压力分布测试和分析。共加工2个不同肩冠比方案轮胎轮廓模型(方案1和2的肩冠比分别为1.29和1.25),对有限元分析结果进行量化指标的检验和论证,两个方案轮胎轮廓模型的接地印痕如图3所示,接地压力分布对比分析如表3所示。

由图3和表3可见:与方案2轮胎相比,方案1轮胎的接地印痕矩形因数更大,同时锥形因数更小,可以有效降低轮胎出现偏磨的风险;方案1轮胎轮廓模型的接地面积更大。由此可得方案1轮胎的耐磨性能更优异。

2.7 经济效益

12R22.5低肩冠比轮胎开发完成后,达到绿色环保轮胎的先进水平,将会提升公司的轮胎市场占有率。新产品实现单胎质量减小约3%,即减小 2 kg ,节约原材料成本约 $10 \text{元} \cdot \text{kg}^{-1}$,实现单胎材料成本降低约20元。轮胎肩部厚度减小 3 mm ,可以缩短硫化时间 3 min (蒸汽价格约 $0.2 \text{元} \cdot \text{kg}^{-1}$),按照年产20万条轮胎计算,预计每年节约原材料成本400万元,节约蒸汽能耗成本80万元,同时可以提高硫化生产效率8%,全年可缩短硫化时间 $10\,000 \text{ h}$ 。该轮胎的开发对我公司经济效益贡献显著,达到规模生产效益,产品一经问世,市场反馈良好,需求量逐步提升,工厂生产排产、生产工艺过程控制、成品合格率均超过公司平均水平。

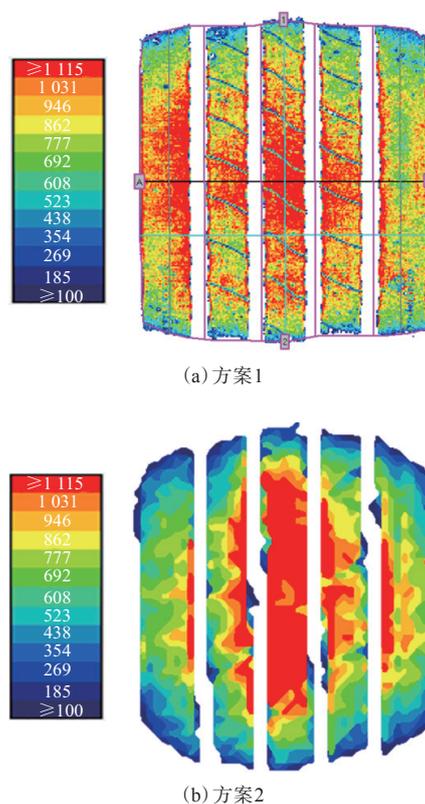


图3 两个方案轮胎接地印痕对比

表3 两个方案轮胎接地印痕数据对比分析

项 目	方案1轮胎	方案2轮胎
矩形因数	0.96	0.80
锥形因数	0.06	0.33
接地印痕长轴长度/mm	246	254
接地印痕短轴长度/mm	219	223
接地印痕边部长度/mm	231/233	171/171
接地印痕面积/ mm^2	37 634	36 236

3 结论

肩冠比的设计主要影响轮胎的接地性能和材料成本,通过规划产品设计的目标函数,并采用有限元模拟的分析工具,可以提高结构设计的准确性和产品开发效率。本工作开发的12R22.5轮胎是我公司设计的肩冠比、材料成本都最低的一款产品,成品轮胎的充气外缘尺寸和强度性能均符合国家标准要求,耐久性能和高速性能满足设计和企业标准要求,接地性能和滚动阻力性能较原产品更优秀。该产品自2020年3月份投放市场,累计产量超过70万条,售后理赔轮胎比例小于12R22.5规格轮胎平均值,用户口碑良好。

该产品既能满足企业经济效益的要求,又能满足绿色环保轮胎节能减排的要求,同时提高了公司轮胎结构设计的含金量与竞争力。

参考文献:

- [1] 郑斯瑞,刘欣欣,吴璇. 轮胎制造项目环境影响评价与企业环保管理要点探讨[J]. 绿色环保建材,2021(11):40-41.
- [2] 刘力,张立群,杨裕生. 轮胎磨损对环境和资源的影响不容忽视[J]. 中国橡胶,2014,30(7):16-17.
- [3] 李兴,福徐鹤. 中国废旧轮胎利用途径的环境影响评价[J]. 环境污染防治,2010,32(11):99-102.
- [4] 张利召,刘亚青,赵贵哲,等. 绿色轮胎用功能化石墨烯/天然橡胶复合材料的制备与性能研究[J]. 橡胶工业,2021,68(4):258-262.
- [5] 韩怀见,董著才,申志忠. 改性细化白炭黑在半钢绿色轮胎胎面胶中的应用[J]. 轮胎工业,2021,41(2):89-93.
- [6] 李花婷,陈名行,蔡尚脉. 绿色轮胎用橡胶材料功能化的研究概况[C]. 2019年全国无机硅化物行业协会年会暨会员大会论文集. 桂林:中国无机盐工业协会,2019.
- [7] 蔡磊,宗鑫,张新萍,等. 硫化温度对绿色轮胎胎面胶结构与性能的影响[J]. 中国科学:化学,2021,51(4):476-484.
- [8] 俞淇,周锋,丁剑平. 充气轮胎性能与结构[M]. 广州:华南理工大学出版社,1998.
- [9] 石亦平,周玉蓉. ABAQUS有限元分析实例详解[M]. 北京:机械工业出版社,2006.
- [10] 任旭春,张光华,洪宗跃,等. 有限元在载重子午线轮胎弹性模量优选中的应用[J]. 橡胶工业,2004,51(8):464-466.

收稿日期:2023-06-09

Development of Low Shoulder-to-Crown Ratio 12R22.5 Tubeless All-steel Truck and Bus Radial Tire

XU Qin, ZHANG Ying

(Zhongce Rubber Group Co., Ltd, Hangzhou 310018, China)

Abstract: The development of low shoulder-to-crown ratio 12R22.5 tubeless all-steel truck and bus radial tire was introduced. The results showed that when the shoulder-to-crown ratio of 12R22.5 tire was less than 1.3, it could meet the requirements of tire lightweight and reduce the design cost. The inflated peripheral dimension and strength performance of the finished tire met the requirements of the national standards, the durability and high-speed performance met the requirements of the design and enterprise standards, and the static grounding performance and rolling resistance coefficient met the requirements of the supporting OEM.

Key words: tubeless all-steel truck and bus radial tire; shoulder-to-crown ratio; parameter optimization; finished tire performance; finite element model

赢创岚星扩大在华橡胶硅烷产能

近日,赢创工业集团、德国投资与开发有限公司以及日照岚星化工工业有限公司的合资企业——赢创岚星(日照)化学工业有限公司完成工厂扩建并成功投产。该工厂位于山东省日照岚山化工园。本次扩产将大幅拓展区域内产品组合的产能,从而确保液体和固体橡胶硅烷产品的稳定供应。此前,赢创工业集团部分产品主要在欧洲生产,现在也将在新工厂生产,从而强化其轮胎硅烷生产网络。据悉,除了目前提供的硫功能硅烷 Si69和固态硅烷混合物 X 50-S产品外,新工厂的产品线还将新增硅烷 Si75和 Si266以及相应的混合

物 X 75-S和 X 266-S等。相关产品可优化轮胎和橡胶的性能,包括低滚动阻力、高耐磨性能以及良好的物理性能,提升终端产品的可持续效益。

新工厂通过升级生产设施和工艺,减少了生产过程中产生的废弃物和副反应,提高了产品纯度;同时降低了碳排放,提升了自动化水平,并优化了包括废水预处理装置在内的辅助设施。本次扩建是赢创工业集团在中国持续推动可持续发展的最新举措,可以更好地为本地轮胎行业客户提供高价值、可持续的解决方案。同时,通过减少本地生产足迹,支持国家的绿色发展。

(摘自《中国化工报》,2023-08-05)