

基于有限元技术优化设计10.00—20 16PR斜交轮胎

袁定军,王胜学,王建兵,陈五七,杨慧英

[中策橡胶(建德)有限公司,浙江 建德 311606]

摘要:基于有限元技术优化设计10.00—20 16PR A-3花纹斜交轮胎。在10.00—20 16PR A-2花纹斜交轮胎的基础上,通过有限元分析验证,采取改进模具设计(胎冠弧由1段弧调整为2段弧并增大胎肩沟深度)、调整胎体帘布以及优化胎面胶配方等措施,实现了在减小轮胎质量的同时提高其耐久性能的目标。

关键词:斜交轮胎;耐久性能;有限元分析;胎面胶配方

中图分类号:TQ336.1

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2023)12-0712-03

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2023.12.0712



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

印度尼西亚是典型的热带雨林气候,年平均温度为25~27℃,且四季无差别。印度尼西亚矿产资源丰富,斜交轮胎市场用量依然很大。我公司原销往印度尼西亚市场的10.00—20 16PR A-1花纹轮胎(简称A-1花纹轮胎)实际使用寿命约3个月,主要质量问题为胎肩脱层和花纹掉块,退赔率约为15%;而当地市场主要销售的竞品——10.00—20 16PR MRF M77花纹轮胎(简称MRF M77花纹轮胎)实际使用寿命约为5个月,主要质量问题为肩空,退赔率约为5%。

针对市场反馈,我公司自主开发设计了10.00—20 16PR A-2花纹轮胎(简称A-2花纹轮胎),实际使用效果有待市场最终反馈。与此同时,为进一步提高轮胎质量,在减小轮胎质量的同时提高其耐久性能,增强品牌美誉度以及提高产品在印度尼西亚斜交轮胎市场的占有率,我公司采用有限元分析软件在A-2花纹轮胎的基础上进行优化设计,成功开发了10.00—20 16PR A-3花纹轮胎(简称A-3花纹轮胎),现将其优化设计情况介绍如下。

1 设计目标

A-3花纹轮胎的设计目标是质量比老产品A-1花纹轮胎减小2.20 kg以上,与竞品MRF M77

花纹轮胎接近;室内耐久性能试验中累计行驶时间比A-1花纹轮胎至少延长10 h。

2 设计思路 and 措施

2.1 改进模具设计

A-2花纹轮胎在市场及室内耐久性能试验中的损坏形式均为胎肩脱层。通过有限元分析发现,A-2花纹轮胎的胎肩处缓冲层端点橡胶单元受到的纵向应力及纵向和径向剪切应力大,因此有限元设计思路为:降低胎肩处橡胶单元应力,同时确保轮胎的接地特性^[1-4]。

A-2花纹轮胎的接地印痕矩形因数(接地印痕短轴长度与接地印痕长轴长度之比)较小,为改善轮胎的接地特性,对轮胎外轮廓曲线进行调整^[5-6],改进模具设计,将胎冠弧由原来的1段弧(半径为350 mm)调整为2段弧(半径分别为400和85 mm),此时肩部厚度增大了1.5 mm,导致胎肩散热性能下降,因此需要将肩部散热沟的深度增大1.2 mm。

2.2 调整胎体帘布

为降低缓冲层端点橡胶单元应力,调整胎体帘布结构,即胎体选取TT,TN和NN 3个规格锦纶帘布(分别对应2100dtex/2加密锦纶帘布、2100dtex/2V,锦纶帘布和1400dtex/2加密锦纶帘布),将其拉伸数据在Abaqus软件中进行本构拟合,并根据拟合结果选取Neo Hooke本构模型进行计算。

作者简介:袁定军(1974—),男,湖北潜江人,中策橡胶(建德)有限公司高级工程师,主要从事轮胎结构设计及产品认证工作。

E-mail:526855069@qq.com

将TT, TN和NN 3个规格锦纶帘布分别带入轮胎有限元模型(见图1)中进行仿真计算, 并建立胎肩单元集合, 得到缓冲层端点橡胶单元格S33最大应力分别为0.41, 0.38和0.28 MPa, 最小应力分别为0.19, 0.13和0.06 MPa。可知, 胎体选用NN锦纶帘布时胎肩橡胶单元格最大应力下降幅度最大, 效果最好。因此, A-3花纹轮胎的骨架材料采用11层NN胎体帘布, 即A-1花纹轮胎的骨架材料采用8层TT胎体帘布+2层TN胎体帘布+2层窄缓冲层, A-2花纹轮胎的骨架材料采用11层NN胎体帘布+1宽1窄缓冲层, A-3花纹轮胎的骨架材料也采用11层NN胎体帘布+1宽1窄缓冲层。

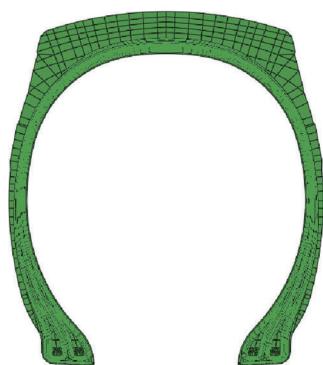


图1 轮胎有限元模型轮廓

此外, 经解剖分析, 竞品MRF M77花纹轮胎骨架材料采用10层NN胎体帘布+2宽缓冲层。

2.3 优化胎面胶配方

对胎面冠部胶、基部胶和缓冲胶配方进行优化设计, 即减小炭黑用量, 以提高冠部胶和基部胶的定伸应力, 并将定伸应力排布由原来的冠部胶高于基部胶调整为基部胶高于冠部胶, 同时降低冠部胶、基部胶和缓冲胶的生热^[7]。

3 成品轮胎性能

A-3花纹轮胎采用有限元分析设计后, 在A-2花纹轮胎模具的基础上加工新模具, 并试制成品轮胎(胎面冠部胶、基部胶和缓冲胶采用优化配方), 与MRF M77花纹轮胎、A-1花纹轮胎和A-2花纹轮胎进行质量、接地印痕和耐久性能对比试验。

3.1 质量

经称量, MRF M77花纹轮胎、A-1花纹轮

胎、A-2花纹轮胎和A-3花纹轮胎的质量分别为57.65, 59.91, 57.22和56.81 kg。A-3花纹轮胎的质量比A-1花纹轮胎减小了3.10 kg, 比A-2花纹轮胎减小了0.41 kg, 达到了设计目标。

3.2 接地印痕

MRF M77花纹轮胎、A-1花纹轮胎、A-2花纹轮胎和A-3花纹轮胎的接地印痕实测结果如图2所示。

从图2可以看出, A-3花纹轮胎的接地印痕矩形因数为0.796, 比A-1花纹轮胎增大了0.039, 比A-2花纹轮胎增大了0.032, 接近竞品MRF M77花纹轮胎(略小0.030), 符合设计预期。

3.3 耐久性能

轮胎的耐久性能按照GB/T 4501—2016《载重汽车轮胎性能室内试验方法》进行测试, 累计行驶时间达到47 h后, 每10 h负荷增大10%继续试验, 直到轮胎损坏为止。结果表明, MRF M77花纹轮胎、A-1花纹轮胎、A-2花纹轮胎、优化配方A-2花纹轮胎(胎面冠部胶、基部胶和缓冲胶采用优化配方)和A-3花纹轮胎的在耐久试验中累计行驶时间分别为140.52, 113.68, 119.28, 123.05和133.65 h。可见: A-3花纹轮胎的累计行驶时间比A-2花纹轮胎延长了14.37 h, 比优化配方A-2花纹轮胎延长了10.60 h, 表明有限元分析对模具进行改进设计有效提高了轮胎耐久性能; 同时优化配方A-2花纹轮胎的累计行驶时间比A-2花纹轮胎延长了3.77 h, 表明胎面冠部胶、基部胶和缓冲胶的配方优化有效提高了轮胎的耐久性能; A-3花纹轮胎的累计行驶时间比A-1花纹轮胎延长了19.97 h, 表明除了胎面冠部胶、基部胶和缓冲胶的配方优化有效外, 有限元分析对模具进行改进设计起主要作用; A-3花纹轮胎的累计行驶时间比MRF M77花纹轮胎短了6.87 h, 相差不大。A-3花纹轮胎在质量减小以满足设计要求的基础上, 耐久性能大幅提高, 达到了设计目标。

4 结语

为满足印度尼西亚市场需求, 与竞品MRF M77花纹轮胎竞争, 采用有限元设计成功开发了A-3花纹10.00—20 16PR轮胎, 通过采取改进模具设计、调整胎体帘布和优化胎面胶配方等措施,

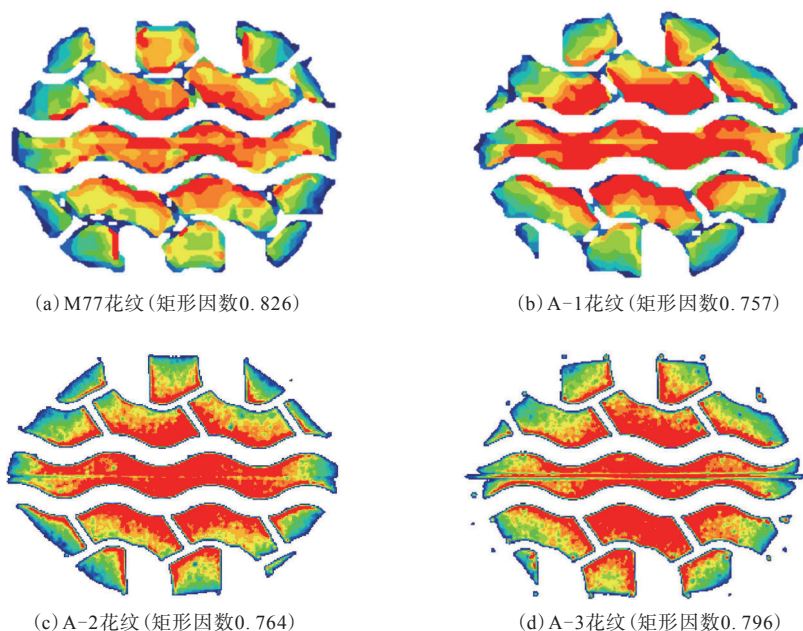


图2 MRF M77花纹、A-1花纹、A-2花纹和A-3花纹轮胎的接地印痕

在经过多轮试验验证的情况下最终达到了设计目标,即在减小轮胎质量的同时大幅提高了轮胎的耐久性能。

目前,10.00—20 16PR A-3花纹轮胎已经陆续小批量投放印度尼西亚市场,产品使用效果良好,后续实际使用效果仍在市场验证中。

参考文献:

- [1] 罗哲. 宽基子午线轮胎445/45R19.5接地印痕优化[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2018.
- [2] 兰丽, 贾斌, 张凯凯, 等. 混纺材料冠带层对轿车轮胎性能的影响[J]. 橡胶科技, 2022, 20(6): 280-283.

- [3] 张文杰, 印海建, 王锐佳, 等. 井下矿用12.00R24全钢工程机械轮胎肩空脱层优化的有限元分析[J]. 轮胎工业, 2022, 42(11): 700-703.
- [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] 何菁, 王兆龙, 张凯凯, 等. 利用有限元方法研究轮廓参数对轮胎性能的影响[J]. 橡胶科技, 2023, 21(4): 169-173.
- [6] 郭磊磊, 朱振华, 张敏. LT245/75R16轻型载重子午线轮胎不同覆胶厚度带束层应变的有限元仿真分析[J]. 轮胎工业, 2022, 42(1): 13-16.
- [7] 王锋, 孙涛, 刘峰, 等. 一种斜交轮胎胎面胶料及其制备方法和应用[P]. 中国: CN 115260606A, 2022-11-01.

收稿日期: 2023-06-11

Optimization Design of 10.00—20 16PR Bias Tire Based on Finite Element Technology

YUAN Dingjun, WANG Shengxue, WANG Jianbing, CHEN Wuqi, YANG Huiying

[Zhongce Rubber (Jiande) Co., Ltd., Jiande 311606, China]

Abstract: Optimized design of 10.00—20 16PR A-3 pattern bias tire was carried out based on finite element technology. Based on the 10.00—20 16PR A-2 pattern bias tire, through finite element analysis verification, the goal of improving the durability of the tire while reducing its weight was achieved by improving the mold design (adjusting the crown arc from one segment to two segments and increasing the depth of the shoulder groove), adjusting the carcass cord ply, and optimizing the tread compound formulation.

Key words: bias tire; durability; finite element analysis; tread compound formula