

带束层角度对轿车子午线轮胎高速性能的影响

宁卫明¹, 蒋延华¹, 周茂义², 张 聪¹, 郑 涛^{1*}

(1. 山东丰源轮胎制造股份有限公司, 山东 枣庄 277300; 2. 枣庄矿业集团有限责任公司, 山东 枣庄 277300)

摘要:以235/45R18轿车子午线轮胎为例, 采用Abaqus有限元分析软件建立子午线轮胎的力学仿真模型, 研究带束层角度对轿车子午线轮胎高速性能的影响。结果表明, 在20°~30°区间内, 随着带束层角度的增大, 轮胎的高速性能逐渐提高。成品轮胎室内转鼓试验证实了有限元分析结果的正确性。

关键词:轿车子午线轮胎; 带束层角度; 高速性能; 有限元分析

中图分类号:U463.341⁺.4/.6

文章编号:1006-8171(2020)04-0216-03

文献标志码:A

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2020.04.0216



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

在我国汽车工业和高速公路快速发展的同时, 交通安全情况却不容乐观。我国交通事故大部分发生在高速公路上, 其中绝大部分与轮胎有关, 因此轮胎的性能越来越受到重视^[1-2]。

子午线轮胎是由橡胶与橡胶基复合材料组成的结构复杂的柔性层合体^[3]。带束层是子午线轮胎结构的核心, 作为轮胎的主要受力部件, 它承受了60%~70%的轮胎应力, 缓冲轮胎受到的外来冲击, 在很大程度上决定充气子午线轮胎的形状^[4]。因此, 研究带束层对轿车子午线轮胎安全性能的影响很有必要, 带束层角度的设计直接影响子午线轮胎的质量。

本研究以235/45R18轿车子午线轮胎为例, 探讨带束层角度对轿车子午线轮胎高速性能的影响。

1 设计方案

我公司生产的235/45R18轿车子午线轮胎带束层角度为27°, 在采用相同胶料和钢丝帘线的基础上, 选取带束层角度分别为20°, 22°, 24°, 26°, 28°, 30°的6个设计方案。

为了衡量轮胎的高速性能, 选取带束层等效Mises应力作为参考指标, 应用Abaqus有限元分析软件对各方案进行有限元建模分析, 对输出结果进行对比研究; 同步进行6个方案成品轮胎的室内

转鼓试验, 并与仿真结果进行对比分析。

2 有限元分析

2.1 有限元模型建立

简化修改轮胎轮廓设计图, 导入Hypermesh软件中并对其划分网格, 建立轮胎二维轴对称模型(见图1)。该二维有限元模型共有1 284个单元、1 398个节点。



图1 光面轮胎二维网格模型

建立胎面、胎侧、胎圈、胎体和带束层等的component, 并将骨架材料rebar层嵌入已建立的component中, 进行材料参数定义、分配截面属性、施加约束等前处理工作。其中橡胶单元选用杂交单元Hybrid可以较好地模拟橡胶等不可压缩材料的响应情况。

对轮胎二维轴对称模型进行装配、充气求解, 充气压力为290 kPa, 计算结果如图2所示。

充气求解后再将结果重启动, 运用*symmetric model generation命令将二维轮胎轴对称模型转化为三维模型(见图3), 然后添加路面、施加负荷, 完成非轴对称加载分析。

作者简介:宁卫明(1980—), 男, 山东泰安人, 山东丰源轮胎制造股份有限公司工程师, 学士, 主要从事轮胎结构设计及管理工作。

*通信联系人(973833799@qq.com)

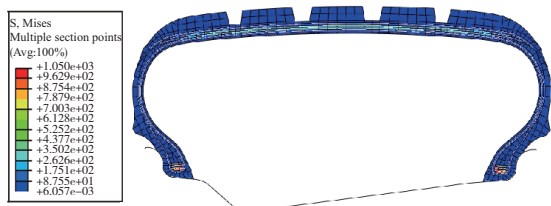


图2 轮胎装配后充气分析结果

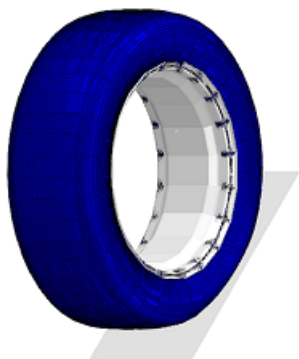


图3 光面轮胎三维充气模型

轮胎三维模型分析主要分三步。在二维轮胎模型旋转生成三维模型的过程中需对轮胎与路面接触的部位进行网格加密,保证仿真计算的精确性与收敛性。轮胎与轮辋之间的摩擦因数设为0.75。施加负荷时,位移加载比力加载更容易收敛,因此可以先采用位移加载方式进行预加载,再利用力加载方式精确加载。

2.2 材料性能

在Abaqus有限元分析软件中,提供了多种专门处理橡胶材料的本构模型,为了较好地描述轮胎中橡胶材料的力学特性,本研究仿真计算选用精度和稳定性都较好的Yeoh模型。

轮胎属于轴对称模型,轮胎断面需要用轴对称二维模型进行模拟,采用CGAX4H和CGAX3H单元分别模拟橡胶材料的四边形和三角形单元;对于rebar单元,采用轴对称的surface单元SFMGAX1。当二维模型旋转成三维模型后,橡胶材料单元对应扩展为C3D8H和C3D6H单元,rebar单元扩展为SFM3D4R单元。

2.3 仿真结果

带束层角度为 20° , 22° , 24° , 26° , 28° 和 30° 方案轮胎带束层应力分布如图4—9所示,其最大应力分别为446.0, 430.8, 394.0, 370.1, 336.9和317.9 MPa。

从图4—9可以看出,随着带束层角度的增大,

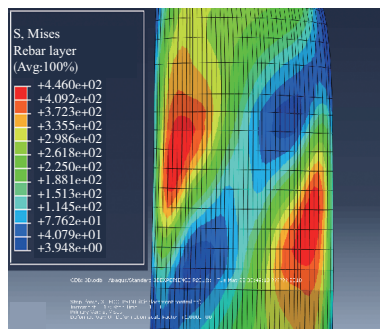
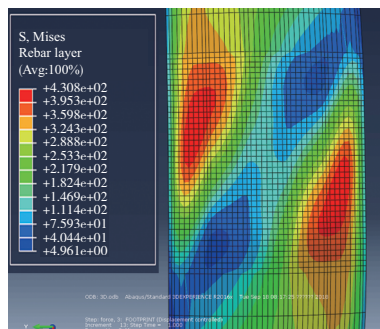
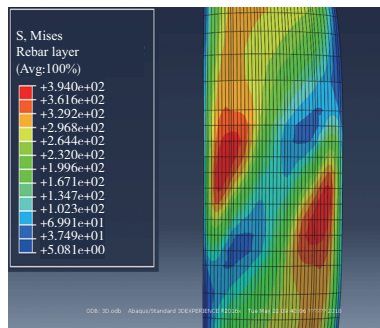
带束层最大应力减小,缓解了应力集中现象,可有效提高轮胎的高速性能。

3 成品轮胎室内试验

成品轮胎室内高速性能根据GB/T 4502—2016《轿车轮胎性能室内试验方法》,采用高速耐久试验机进行测试。成品轮胎室内高速性能试验结果如表1所示。

从表1可以看出,对于同规格轮胎,在 $20^\circ \sim 30^\circ$ 区间内,随着带束层角度增大,轮胎的高速性能逐渐提高。

由此可见,试验结果与轮胎力学仿真有限元分析结果相符,证实了有限元分析结果的正确性。

图4 20° 带束层角度方案轮胎带束层应力云图图5 22° 带束层角度方案轮胎带束层应力云图图6 24° 带束层角度方案轮胎带束层应力云图

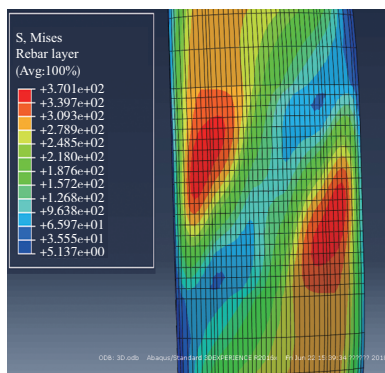


图7 26°带束层角度方案轮胎带束层应力云图

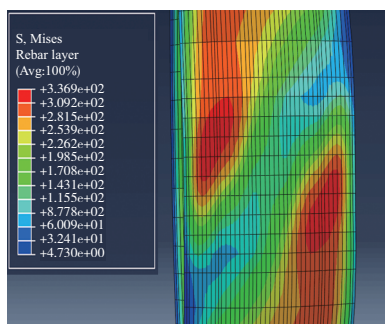


图8 28°带束层角度方案轮胎带束层应力云图

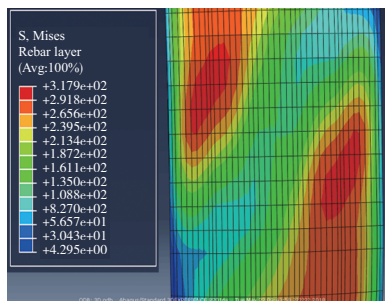


图9 30°带束层角度方案轮胎带束层应力云图

表1 成品轮胎室内高速性能试验结果 h

带束层角度/(°)	第1次试验	第2次试验
20	1.35	1.13
22	1.65	1.45
24	1.83	1.82
26	1.83	1.83
28	1.92	1.90
30	1.95	1.95

4 结语

以235/45R18轿车子午线轮胎为例,研究带束层角度对轮胎高速性能的影响。轮胎力学仿真有限元分析结果表明,在20°~30°区间内,随着带束层角度增大,轮胎高速性能逐渐提高。成品轮胎室内试验结果证实了有限元分析结果的正确性。本研究仅考虑45系列小范围内带束层角度改变对轮胎高速性能的影响,未考虑大范围内带束层角度变化及带束层宽度等其他因素对轮胎性能的影响。今后将研究多系列、大范围内带束层角度改变等对轮胎高速性能和外缘尺寸等性能的影响。

参考文献:

- [1] 陈晨,高嵩,吴超仲,等.我国高速公路交通安全现状及对策研究[J]. 通信与安全,2011,29(1):59-62.
- [2] Feng X J, Yan X Q, Wei Y T, et al. 子午线轮胎带束层界面裂纹扩展过程有限元分析[J]. 汪俊,摘译. 王友善,校. 轮胎工业,2010,30(7):410-417.
- [3] 王梦蛟. 绿色轮胎的发展及其推广应用[J]. 橡胶工业,2018,65(1):105-112.
- [4] 王中江,郑涛,李民军,等. 带束层胶料性能的工艺对比分析[J]. 中国橡胶,2017,33(2):46-48.

收稿日期:2019-10-20

Effect of Belt Angle on High-speed Performance of Passenger Car Radial Tire

NING Weiming¹, JIANG Yanhua¹, ZHOU Maoyi², ZHANG Cong¹, ZHENG Tao¹

(1. Shandong Fengyuan Tire Manufacturing Co., Ltd, Zaozhuang 277300, China; 2. Zaozhuang Mining Group Co., Ltd, Zaozhuang 277300, China)

Abstract: In this study, the effect of belt angle on the high-speed performance of passenger car radial tire was analyzed by using the mechanical simulation model established with finite element analysis software Abaqus and taking 235/45R18 passenger car radial tire as an example. The results showed that the high-speed performance of tire increased gradually with the increase of the belt angle in the range of 20°~30°. The results of finite element analysis were verified by the drum test of finished tire.

Key words: passenger car radial tire; belt angle; high-speed performance; finite element analysis