

半钢子午线轮胎的侧偏特性研究

秦艳分,张典,宋立,王兵

(中策橡胶集团有限公司,浙江 杭州 310018)

摘要:研究带束层角度和三角胶高度对半钢子午线轮胎侧偏特性的影响。结果表明:带束层角度越小,轮胎的侧偏力、最大侧偏力和侧偏刚度越大,回正力矩和回正刚度越小;三角胶高度越大,轮胎的侧偏力、侧偏刚度和回正刚度越大,回正力矩变化不大。因此轮胎的带束层角度越小、三角胶高度越大,车辆的操纵稳定性越好。

关键词:半钢子午线轮胎;侧偏特性;操纵稳定性;带束层角度;三角胶高度;回正力矩

中图分类号:U463.341;O241.82

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2022)01-0020-04

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2022.01.0020



OSID 开放科学标识码
(扫码与作者交流)

操纵稳定性一直是车辆重要的性能指标之一,是影响汽车高速行驶时安全性的重要因素,被称为“高速车辆的生命线”。随着人们生活水平的提高、轿车性能的不断提升和道路环境的不断改善,轿车的速度也越来越高,对车辆操纵稳定性的要求也随之提高^[1-2]。

轮胎是影响车辆操纵稳定性的一个重要因素,其侧偏特性是研究车辆操纵稳定性的基础。本工作主要研究轮胎结构对其侧偏特性的影响,为车辆操纵稳定性研究提供理论指导^[3-7]。

1 实验

1.1 设备

VMI一次法成型机,荷兰VMI公司产品;B型液压双模定型硫化机,青岛家瑞橡塑机械有限公司产品;Flat-Trac CT六分力试验机,美国MTS系统公司产品。

1.2 方案

方案1:做3组轮胎,每组轮胎10条,钢丝带束层角度分别为20°、26°和30°,其他施工设计参数相同。

方案2:做4组轮胎,每组轮胎10条,三角胶高度分别约为断面高度的20%、25%、30%和35%,即分别为25、35、45和55 mm,其他施工设计参数

相同。

将各半成品轮胎在成型机上成型,成型胎坯在硫化机上硫化。

1.3 六分力测试

采用六分力试验机对成品轮胎进行稳态侧偏和侧偏刚度测试。六分力试验机和试验条件分别如图1和表1所示。

2 结果与讨论

2.1 带束层角度对侧偏特性的影响

轮胎侧偏特性主要指侧偏力、回正力矩与侧偏角之间的关系。侧偏刚度为侧偏力与侧偏角的比值,回正刚度为回正力矩与侧偏角的比值。一般来说,最大侧偏力越大,车辆的极限性能越好;侧偏刚度越大,操纵稳定性越好。轮胎遇到外力或在转向



图1 六分力试验机

作者简介:秦艳分(1987—),女,浙江杭州人,中策橡胶集团有限公司工程师,硕士,主要从事轮胎结构设计工作。

E-mail:254346017@qq.com

表1 六分力试验条件

试验项目	温度/℃	充气压力/kPa	速度/(km·h ⁻¹)	负荷/N	侧偏角/(°)
稳态侧偏	24±2	200	60	6 860	-12~+12
侧偏刚度	24±2	200	60	1 372, 2 744, 4 116, 5 488, 6 860, 8 232, 9 604, 10 976	-1~+1

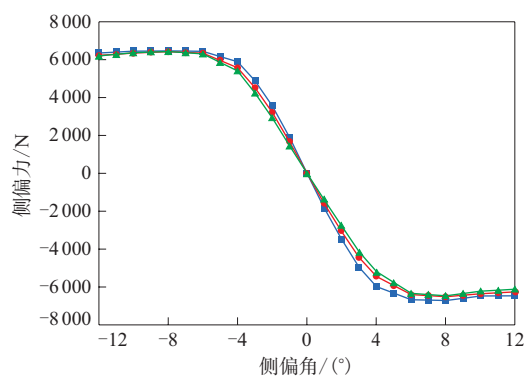
力作用下发生偏转后,当外力或转向力消失时,回正力矩会使轮胎恢复至原直线行驶位置,回正力矩越大,汽车越能迅速回到原来直线行驶位置。然而,回正力矩过大会使得转向盘的转向力过大,使转向操作费力^[8],因此,回正力矩不宜过大也不宜过小。

方案1主要研究带束层角度对轮胎侧偏特性的影响。方案1中各组轮胎的侧偏特性关系曲线如图2所示。

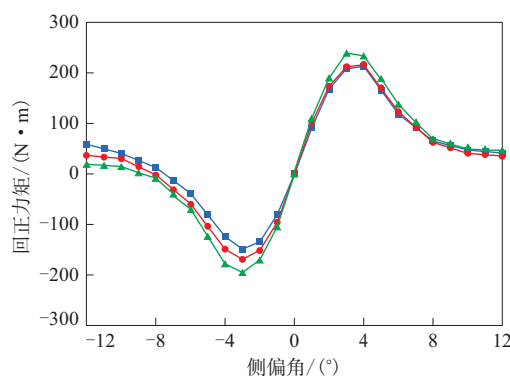
从图2(a)可以看出:随着侧偏角的增大,侧偏力开始呈线性增长;当侧偏角增大至3°时,侧偏力随着侧偏角的增大开始呈非线性增长;当侧偏角增大至6°时,侧偏力达到最大值。此时,接地区前

部和后部产生与轮心对称的变形,由此可认为接地区部分都产生了侧滑^[9-12]。此后,侧偏力基本保持不变。从图2(a)还可以看出:轮胎的最大侧偏力随着带束层角度的减小而增大,即带束层角度越小,车辆的极限性能越好;在相同侧偏角下,带束层角度越小,所需的侧偏力越大,即带束层角度越小,轮胎越不易发生侧偏现象。

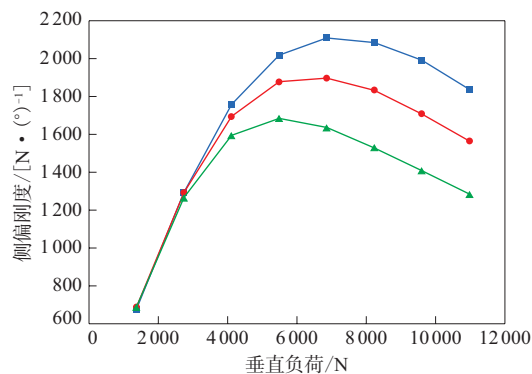
从图2(b)可以看出:随着侧偏角的增大,回正力矩开始线性增大;侧偏角增大至2°时,回正力矩随着侧偏角的增大开始呈非线性增长;侧偏角增大至3°时,回正力矩达到最大值,之后随着侧偏角的增大逐渐减小。这是因为侧偏角较小时,随着侧偏角的增大,轮胎接地后端的变形逐渐增大,侧



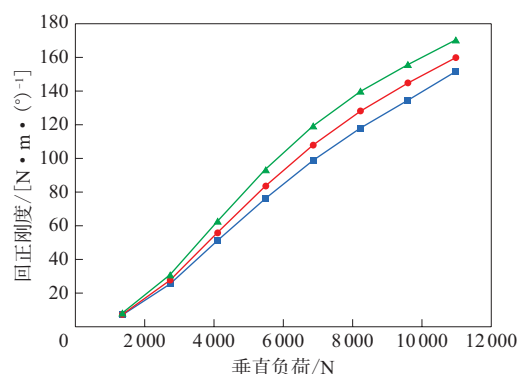
(a) 侧偏力与侧偏角关系



(b) 回正力矩与侧偏角关系



(c) 侧偏刚度与垂直负荷关系



(d) 回正刚度与垂直负荷关系

带束层角度/(°): ■—20; ●—26; ▲—30。

图2 方案1中各组轮胎的侧偏特性曲线

偏力合力后移,轮胎拖距随着侧偏角的增大而增大,当侧偏角增大至一定值后,轮胎接地后部的一些部分到达了附着极限,轮胎接地部分开始出现滑移,侧偏力合力前移,因而轮胎拖距逐渐减小,回正力矩也逐渐减小。当侧偏角为 -8° 时,回正力矩的方向改变,这是由于侧偏力合力由接地后端前移到前端,使得回正力矩方向改变。从图2(b)还可以看出,在相同侧偏角下,带束层角度越大,回正力矩越大。

从图2(c)可以看出:随着垂直负荷的增大,侧偏刚度开始呈线性增长趋势,后呈非线性增长趋势;当侧偏刚度达到最大值后,随着垂直负荷的增大逐渐减小;带束层角度越小,轮胎的侧偏刚度越大,车辆的操纵稳定性越好。

从图2(d)可以看出:随着垂直负荷的增大,回正刚度呈线性增大趋势;带束层角度越大,轮胎的回正刚度越大。

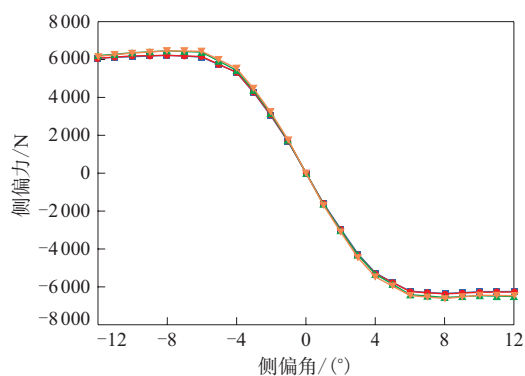
综上可知:带束层角度为 20° 的轮胎侧偏力、

最大侧偏力和侧偏刚度最大,回正力矩和回正刚度最小;带束层角度为 30° 的轮胎侧偏力、最大侧偏力和侧偏刚度最小,回正力矩和回正刚度最大。这是由于带束层角度越小,带束层刚性越大,胎面刚性越大,轮胎接地面侧向变形越小,轮胎拖距越小,轮胎发生侧偏现象时产生的侧偏角和回正力矩就越小。因此,轮胎的带束层角度越小,车辆的极限性能和操纵稳定性越好。

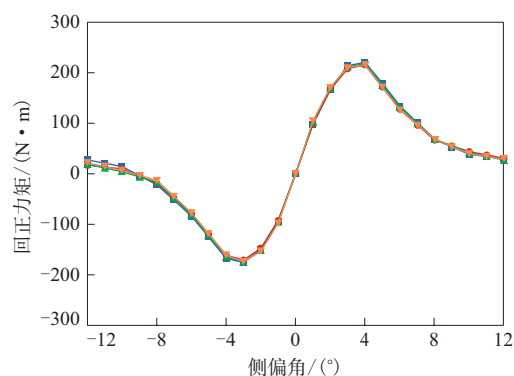
2.2 三角胶高度对侧偏特性的影响

方案2主要研究三角胶高度对轮胎侧偏特性的影响。方案2中各组轮胎的侧偏特性关系曲线如图3所示。

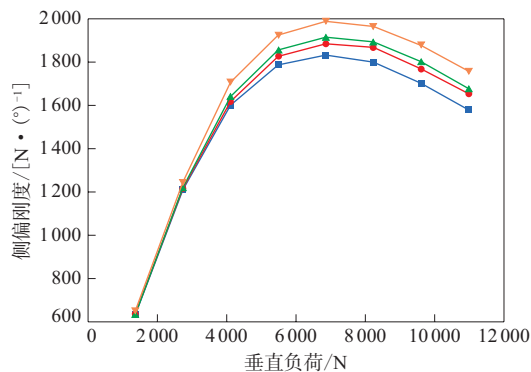
从图3(a)可以看出:侧偏角小于 3° 时,不同三角胶高度轮胎侧偏力无差别;当侧偏角大于 3° 时,三角胶高度为55 mm的轮胎侧偏力和最大侧偏力较大,而三角胶高度为25 mm的轮胎侧偏力和最大侧偏力较小。4组轮胎侧偏力差距较小,说明三角胶高度对轮胎侧偏力的影响较小。



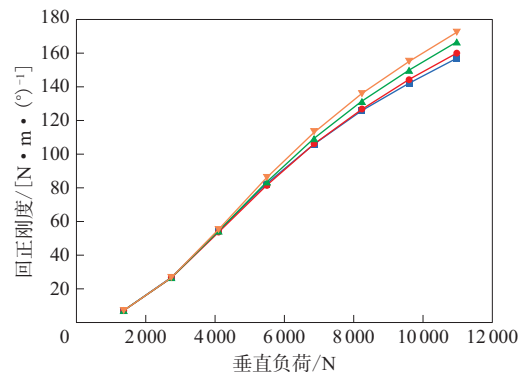
(a) 侧偏力与侧偏角关系



(b) 回正力矩与侧偏角关系



(c) 侧偏刚度与垂直负荷关系



(d) 回正刚度与垂直负荷关系

三角胶高度/mm: ■—25; ●—35; ▲—45; ▼—55。

图3 方案2中各组轮胎的侧偏特性曲线

从图3(b)可以看出,4组轮胎的回正力矩差别很小,说明三角胶高度对轮胎回正力矩的影响不大。

从图3(c)可以看出,三角胶高度越大,轮胎的侧偏刚度越大,车辆的操纵稳定性越好。

从图3(d)可以看出:当垂直负荷较小时,4组轮胎的回正刚度几乎相同;随着垂直负荷的增大,4组轮胎回正刚度的差距逐渐明显,三角胶高度越大,轮胎的回正刚度越大。

综上所述,三角胶高度越大,轮胎的侧偏力、最大侧偏力、侧偏刚度和回正刚度越大,而回正力矩没有明显变化,这是由于三角胶硬度较大,三角胶高度越大,胎侧刚性越大,轮胎横向刚性就越大,轮胎发生侧偏现象时产生的侧偏角就越小。因此,轮胎的三角胶高度越大,车辆的极限性能和操纵稳定性越好。

3 结论

轮胎的带束层角度越小,三角胶高度越大,轮胎发生侧偏现象时的侧偏力、最大侧偏力和侧偏刚度越大,车辆的极限性能和操纵稳定性越好;带束层角度对轮胎侧偏特性的影响大于三角胶高度。因此,在进行轮胎结构设计时,在不使轮胎接地面积过小和乘坐舒适性过差的前提下,尽量选择较小的带束层角度;在依据设计理论的基础上,

尽量选择较大的三角胶高度。

参考文献:

- [1] SUN T, GONG X W, LI B, et al. A novel torque vectoring system for enhancing vehicle stability[J]. International Journal of Vehicle Autonomous Systems, 2019, 14 (3) : 278.
- [2] CHO J, HUH K. Active front steering for driver's steering comfort and vehicle driving stability[J]. International Journal of Automotive Technology, 2019, 20 (3) : 589-596.
- [3] 邱昌峰,陈仁全,刘俊杰,等. 小侧偏角下轮胎残余回正力矩算法的研究[J]. 轮胎工业, 2019, 39 (7) : 443-446.
- [4] 卢荡,卢磊,吴海东,等. 磨损对轮胎侧偏刚度和回正刚度影响的研究[J]. 机械工程学报, 2020, 56 (12) : 174-183.
- [5] 景立新,吴利广,李广,等. 轮胎侧偏刚度对整车操稳性能的影响[J]. 汽车实用技术, 2018 (21) : 82-85.
- [6] 王国林,任洁雨,杨建,等. 轮胎胎体轮廓设计对侧偏刚度的影响研究[J]. 机械工程学报, 2015, 51 (14) : 131-137.
- [7] 彭旭东,郭孔辉,谢友柏. 干燥路面上轿车轮胎侧偏特性试验[J]. 上海交通大学学报, 2006, 40 (1) : 148-151.
- [8] 王润琪,周永军,尹鹏. 汽车前轮定位及回正力矩和转向力的计算[J]. 湖南科技大学学报, 2010, 25 (1) : 42-46.
- [9] ABE M. Vehicle handling dynamics[M]. Amsterdam: Elsevier, 2009.
- [10] 李雪莉,张元伟,邱海漩. 基于轮胎稳态和瞬态特性的车辆响应研究[J]. 橡胶工业, 2020, 67 (7) : 495-501.
- [11] 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.
- [12] 王国林,陈晨,周海超,等. 胎面与胎体间接触特性对轮胎滚动阻力影响的研究[J]. 橡胶工业, 2020, 67 (6) : 403-409.

收稿日期: 2021-07-04

Research on Cornering Properties of Steel-belt Radial Tire

QIN Yanfen, ZHANG Dian, SONG Li, WANG Bing

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

Abstract: The influence of belt angle and apex height on the cornering properties of steel-belt radial tires was studied. The results showed that the smaller the belt angle was, the greater the tire's cornering force, maximum cornering force and cornering stiffness were, and the smaller the aligning torque and aligning stiffness were. The greater the apex height was, the greater the tire's cornering force, cornering stiffness and aligning stiffness were, but the aligning torque changed little with the apex height. Therefore, the steering stability of the vehicle could be improved by reducing the belt angle and increasing the apex height.

Key words: steel-belt radial tire; cornering property; steering stability; belt angle; apex height; aligning torque