

子午线轮胎结构特性与场地特性的相关性研究

吕 剑^{1,2}, 张文清²

(1. 青岛科技大学 材料科学与工程学院, 山东 青岛 266042; 2. 中策橡胶集团有限公司 子午胎研究所, 浙江 杭州 310012)

摘要:研究三角胶高度、带束层角度和宽度等结构特性对轮胎性能的影响。试验结果表明:随着三角胶高度的增大,胎侧刚度增大,可提高轮胎的制动性能;带束层角度减小和宽度增大,可提高轮胎的冠部刚性,加强路面抓着性能,改善车辆的操控稳定性和转向性能。

关键词:子午线轮胎;结构特性;制动性能;操控稳定性;转向性能

中图分类号:TQ336.1;U463.341⁺.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-8171(2015)02-0121-03

轮胎是汽车与路面接触的唯一部件,在行驶工况下,轮胎与路面之间相互作用所产生的纵向力、侧向力和回正力矩等对汽车的平顺性、操纵稳定性和安全性起重要作用。轮胎的力和力矩特性也从一定程度上反映了轮胎结构、材料以及配方对轮胎性能的影响。

本工作通过室内轮胎六分力测试,研究不同轮胎结构设计对轮胎力学特性的影响^[1-3],通过调整三角胶高度、带束层角度和宽度等结构参数,探索轮胎力和力矩对实车性能的影响规律及两者之间的相关性。

1 实验

1.1 主要设备

MTS Flat-Trac III CT 型轮胎力和力矩测试系统,美国 MTS 公司产品;轮胎刚性试验机,汕头市浩大轮胎测试装备有限公司产品。

1.2 试验方案

试验轮胎规格为 195/65R15 91H,具体试验方案见表 1。设计以方案 A 为基础,增大三角胶高度(胎侧刚性增加),减小带束层角度和增大带束层宽度(冠部刚性增加)作为方案 B;在方案 B 基础上,只增大三角胶高度作为方案 C。

1.3 试验方法

1.3.1 刚性试验

试验条件:充气压力 240 kPa,负荷 5 837

表 1 试验轮胎设计方案

设计数据	方案 A	方案 B	方案 C
三角胶高度/mm	30	40	50
带束层角度/(°)	26	22	22
下层带束层宽度/mm	150	160	160
上层带束层宽度/mm	140	150	150

N。参照 GB/T 23663—2009《汽车轮胎纵向和横向刚性试验方法》测试 100% 负荷下轮胎的横向和纵向刚性。径向刚性以径向加载速度 $(50 \pm 2.5) \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ 加载至轮胎额定负荷的 120%,绘制径向力-径向位移曲线,100% 负荷处的曲线斜率即为径向刚性。

1.3.2 力和力矩试验

试验条件:充气压力 240 kPa,速度 80 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$,侧偏角 $-10^\circ \sim +10^\circ$,倾角 0° ,垂直负荷 1 167,2 919,4 670,5 837,7 588,9 339 N。试验参考美国通用汽车试验方法(GMW)进行,分别在不同侧偏角和不同垂直负载下进行力和力矩嵌套测试,主要获取以下轮胎动力学参数。

(1)转向系数(F): $F = F_y / F_z$ (F_y 为侧向力, F_z 为垂直负荷)。

(2)回正力矩系数(AT): $AT = M_z / F_z$ (M_z 为回正力矩)。

(3)横向峰值系数($\mu_{y\max}$): $\mu_{y\max} = F_{y\max} / F_z$ ($F_{y\max}$ 为最大侧向力)。

1.3.3 场地干地制动试验

车手:一定经验车手 1 名,负责制动试验。

车辆:福特福克斯 5 挡手动(新车)。

作者简介:吕剑(1982—),男,浙江杭州人,中策橡胶集团有限公司工程师,在职硕士研究生,主要从事半钢子午线轮胎室内测试方法和性能研究工作。

测试仪:车载 Pbox 1 台,记录制动距离。
气压表:1 个,确认装胎充气压力。

试验方法:每个方案均预跑几圈后,选取直线上某一固定位置(起始加速点)直线加速至规定速度(80 或 100 km · h⁻¹)后,在通过某固定刹车位置后紧急制动,记录 Pbox 上显示的制动距离。

试验场地:安徽定远汽车试验场。

1.3.4 场地干地操控试验

车手:10 年以上经验车手 1 名,负责主观操控性试验评价。

车辆:福特福克斯 5 挡手动(新车)。
气压表:1 个,确认装胎充气压力。

试验方法:每个方案在预跑几圈后,在较为宽敞的水泥路面上进行主观评价测试,并根据车手主观感受予以综合评分。

试验场地:安徽定远汽车试验场。

2 结果与讨论

2.1 刚性

径向刚性与轮胎的振动、乘坐舒适性有关,径向刚性过高,轮胎展平能力差,汽车行驶平顺性低,高频和低频共振都较大,不利于轮胎吸收路面冲击;轮胎径向刚性过低,会增加侧向偏离,影响稳定性,同时使滚动阻力增大,轮胎寿命降低。轮胎的纵向刚性影响滚动阻力以及负荷条件改变时胎冠切向力的再分布,直接影响操纵性。横向刚性则直接影响车辆操控和转向性能。

轮胎刚性试验结果见表 2。由表 2 可知:方案 C 轮胎径向和横向刚性相对较大,方案 B 其次,方案 A 最小,说明三角胶高度增大,胎体刚性增加,径向刚性也增大;而随着带束层角度减小,带束层宽度增大,冠部刚性增加,纵向和横向刚性提高^[4]。

2.2 力和力矩

根据经验, F 函数表现轮胎转向反应灵敏度,通常情况下, F 越小,轮胎提供给车辆的侧向力越

小,转向反应不灵敏, F 大则车辆转向反应灵敏,有助于提高对车辆的方向控制; AT 函数体现当车辆转向时,在轮胎接地处产生轮胎自行回正的能力, AT 越大则车辆在转向时驾驶员越能清楚地感觉到方向盘上的回正力作用,从而保证驾驶安全^[3-4]; $\mu_{y\max}$ 值越大,操控性能越好。

力和力矩试验结果见表 3。由表 3 可以看出:在 1°和 4°侧偏角下,方案 A 的 F 值相对较小,方案 C 最大,因此方案 C 应具备更好的转向性,方案 B 其次,方案 A 最差;在 1°侧偏角条件下,方案 B 的 AT 值相对较小,在 4°侧偏角时,方案 A 的 AT 值最大,方案 C 次之,方案 B 最小;方案 B 和 C 的 $\mu_{y\max}$ 接近,且大于方案 A,因此方案 C 的操控性能应相对较好。

表 3 力和力矩试验结果

项 目	方案 A		方案 B		方案 C	
	1	2	1	2	1	2
$F(1^\circ)$	0.22	0.22	0.25	0.25	0.26	0.23
$F(4^\circ)$	0.67	0.66	0.70	0.71	0.73	0.74
$AT(1^\circ)$	10.1	9.9	8.7	8.9	9.9	10.5
$AT(4^\circ)$	18.6	18.3	15.7	15.9	16.3	18.4
$\mu_{y\max}$	0.84	0.81	0.85	0.84	0.84	0.85

2.3 场地干地制动

场地干地制动试验结果见表 4。由表 4 可知,方案 C 的制动距离最小,方案 B 次之,方案 A 最大。表明方案 C 轮胎与路面的抓着力大,制动性能反馈性较好,与刚性测试数据相符。

表 4 不同方案轮胎场地制动距离 mm

项 目	干地(100→0 km · h ⁻¹)			干地(80→0 km · h ⁻¹)		
	方案 A	方案 B	方案 C	方案 A	方案 B	方案 C
第 1 次	45.0	43.8	43.3	26.8	26.2	26.4
第 2 次	44.4	43.9	44.0	26.2	26.0	26.0
第 3 次	44.2	43.0	43.3	26.0	25.9	25.5
平均值	44.5	43.6	43.5	26.3	26.0	26.0

因此,通过调整结构提高轮胎的冠部和胎侧刚性,可以提高制动性能,单一改善胎侧刚性也可以提高制动能力。

2.4 场地干地操控

场地干地操控试验结果见表 5。由表 5 可以看出,方案 C 的轮胎评分相对较高,方案 B 次之,方案 A 最小。由此可见,方案 C 的干地操控性能

表 2 轮胎刚性试验结果 N · mm⁻¹

项 目	方案 A	方案 B	方案 C
径向刚性	226.20	235.30	238.40
纵向刚性	233.60	259.70	275.30
横向刚性	99.90	109.90	122.20
扭转刚性	67.70	67.70	72.00

表 5 场地干地操控试验结果

项 目	方案 A	方案 B	方案 C
转向时方向盘沉重感	=	=	=
方向盘中心线	=	+0.5	+0.5
复原性	=	=	=
转向时的应容量	=	+0.5	+1.0
应答性	=	+0.5	+0.5
直线性	=	=	=
刚性感	=	=	+0.5
复原和前后摇晃稳定性	=	=	+0.5
匹配性	=	=	=
侧向抓着力	=	=	+1.0
制动时车辆稳定性	=	+0.5	+1.0
松开油门时车辆稳定性	=	+0.5	+0.5
转向不足/过度	=	=	=
综合评分	=	+0.5	+1

注：=表示基准。

相对更好，与力和力矩试验结果吻合。提高三角胶高度、减小带束层角度以及增大带束层宽度，可以提高轮胎的操控性能^[5-6]。

3 结论

(1)通过调整轮胎结构，提高轮胎刚性，可以

在一定程度上改善轮胎的制动和操控性能。适当减小带束层角度、增大带束层宽度和三角胶高度，可提高胎侧和冠部刚性，优化场地综合性能。

(2)通过室内轮胎刚性以及力和力矩测试数据预估评判轮胎的场地性能，验证符合度较为理想，可提前实现方案的优选和后期改善。

参考文献：

[1] 陈燕国,吴桂忠.带束层结构对高速轿车子午线轮胎印痕和制动性能的影响[J].轮胎工业,2011,31(9):525-533.

[2] 徐延海,贾丽萍,葛剑敏,等.结构参数对子午线轮胎特性的影响[J].汽车工程,2004,26(2):168-171.

[3] 王锋,董毛华,卢荡.轿车子午线轮胎结构与侧偏特性的探讨[J].轮胎工业,2010,30(12):726-730.

[4] 俞洪.充气轮胎性能与结构[M].北京:化学工业出版社,2006:48-51.

[5] 赵国群,程刚,管延锦.带束层角度对子午胎结构性能影响的三维非线性有限元分析[J].弹性体,2004,14(1):35-38.

[6] 郑正仁.车辆轮胎制造与测试[M].北京:化学工业出版社,1987:410.

收稿日期:2014-10-28

Correlation of Structure Characteristics and Road Behavior of Radial Tire

LÜ Jian^{1,2},ZHANG Wen-qing²

(1. Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China; 2. Zhongce Rubber Group Co. Ltd., Hangzhou 310012, China)

Abstract: The influence of the height of apex rubber, the angle and width of belt on the tire performance was investigated. The test results showed that, the sidewall stiffness was increased with the increasing of the height of apex rubber, which could improve the braking performance of tire. The crown stiffness was improved with the decreasing of the belt angle and the increasing of the belt width, and thus the grip performance of the tire, the driving stability and steering performance of the vehicle were improved.

Key words: radial tire; structure characteristics; braking performance; driving stability; steering function

“合成橡胶用防老体系的研究”项目通过验收

中图分类号:TQ333;TQ330.38⁺2 文献标志码:D

2014年11月19日,由北京橡胶工业研究设计院承担的“合成橡胶用防老体系的研究”项目通

过中国石油化工股份有限公司(中石化)科技部组织的验收。

欧盟 REACH 法规出台后,对化学品应用设置了最新的规定以及限制条件。在合成橡胶的开