

# 轿车轮胎结构特性与舒适性研究

张文清, 吴健, 李增平, 刘文超, 金 兴, 李凌云

(中策橡胶集团有限公司, 浙江 杭州 310018)

**摘要:** 选用215/50R17 95W轮胎, 调整其三角胶高度和带束层角度, 设计3种结构方案, 通过室内刚性及动态冲击试验获得力学性能数据, 并在试验场进行实车验证, 以研究轮胎结构特性、室内力学性能及场地主观舒适性之间的关系。结果表明: 三角胶高度或带束层角度增大, 胎体整体刚性降低, 轮胎舒适性提高; 三角胶高度减小会提高轮胎的振动衰减能力; 通过整体刚性和室内动态冲击测试数据可以预估场地舒适性。

**关键词:** 轿车轮胎; 结构特性; 舒适性; 整体刚性; 动态冲击

**中图分类号:** TQ336.1

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1006-8171(2021)08-0520-04

**DOI:** 10.12135/j.issn.1006-8171.2021.08.0520



OSID开放科学标识码  
(扫码与作者交流)

随着汽车工业的发展, 人们对整车平顺性和乘坐舒适性提出了越来越高的要求, 其中整车平顺性是车辆性能的一项重要指标, 直接关系到乘坐舒适性<sup>[1]</sup>。影响整车平顺性的因素有悬架系统性能、悬置性能以及轮胎性能<sup>[2]</sup>。轮胎是整车与地面接触的唯一部件, 承载着整车的所有负荷, 并承担着传递和过滤不平路面对整车冲击的任务, 轮胎包容特性及动态冲击特性<sup>[3-4]</sup>对整车平顺性有重要的影响<sup>[5]</sup>。

本工作选用215/50R17 95W轮胎, 调整其三角胶高度和带束层角度, 设计3种结构方案, 通过室内刚性及动态冲击试验获得其力学特性数据, 并在试验场进行实车验证, 研究轮胎结构特性、室内力学性能及场地主观舒适性(舒适性)之间的关系, 以对不同结构方案的轮胎进行性能预判, 实现优选和改善。

## 1 实验

### 1.1 主要设备

ZF HSU-L-5.3轮胎高速均匀性测试系统, 德国ZF公司产品(见图1); 轮胎刚性试验机, 汕头市浩大轮胎测试装备有限公司产品(见图2)。

**作者简介:** 张文清(1986—), 女, 湖南祁阳人, 中策橡胶集团有限公司工程师, 硕士, 主要从事轿车轮胎室内性能测试研究工作。

**E-mail:** wenqing1208@aliyun.com



图1 轮胎高速均匀性测试系统



图2 轮胎刚性试验机

### 1.2 试验轮胎及方案

试验轮胎规格为215/50R17 95W。

从结构设计角度出发, 改善轮胎舒适性, 主要调整其胎侧和胎冠刚性。调整胎侧刚性主要有改变三角胶的高度或硬度、胎体层数、胎体反包高度等方法。调整胎冠刚性主要有改变带束层的角度或宽度等方法。

本工作通过调整轮胎三角胶高度和带束层

角度,设计了3种试验方案,如表1所示。

表1 试验方案

项 目	方案编号		
	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>
三角胶高度/mm	35	35	30
带束层角度/(°)	26	28	28

从表1可以看出,本研究以1<sup>#</sup>方案为基础,通过增大带束层角度得到2<sup>#</sup>方案,在2<sup>#</sup>方案基础上,再减小轮胎三角胶高度,得到3<sup>#</sup>方案。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 刚性试验

试验条件:充气压力 230 kPa,负荷 500 kg。

按照GB/T 23663—2009进行轮胎刚性试验。

以径向加载速度(50±2.5) mm·min<sup>-1</sup>加载至轮胎指定试验负荷的120%,绘制轮胎的径向位移(横轴)-径向力(纵轴)曲线,取100%试验负荷处的曲线斜率为轮胎径向刚性。

#### 1.3.2 动态冲击试验

按照SAE J 2730—2021<sup>[6]</sup>进行轮胎室内动态冲击试验。

试验条件:充气压力 220 kPa,负荷 2 000 N,速度 60 km·h<sup>-1</sup>。

将轮胎安装到高速均匀性试验机上,并在转鼓上安装冲击条进行试验。为了衡量转鼓上的凸台对轮胎带来的冲击影响,力传感器将对轮胎所受的瞬时冲击力及衰减情况进行测试,可同时得到径向力、横向力及切向力与时间的关系曲线。本试验采用直角型冲击条,宽度为2.5 cm,高度分别为1和1.5 cm,冲击条与转鼓路面平行安装(0°),采样频率为1 000 Hz。

#### 1.3.3 场地舒适性主观评价试验

试验场地为安徽定远汽车试验场。

车手1名,具有10年以上经验,负责舒适性主观评价。车辆选用绅宝X35手动挡(新车)。气压表1个,用于确认轮胎充气压力。

试验方法:每个方案轮胎在预跑几圈后,分别在光滑平整柏油路面、粗糙柏油路面、不规则路面(路面破损、凹凸不平有接缝)上进行舒适性测试,并根据车手主观感受予以综合评分。

## 2 结果与讨论

### 2.1 刚性试验

轮胎径向刚性与其振动、舒适性有关,轮胎径向刚性过大,轮胎展平能力差,汽车行驶平顺性差,汽车高频和低频共振都较大,不利于轮胎吸收汽车所受的路面冲击;轮胎径向刚性过小,轮胎的侧向偏离增大,影响稳定性,还会使滚动阻力增大,轮胎寿命缩短。轮胎纵向刚性影响到滚动阻力及车轮负荷条件改变时胎冠切向力的再分布,直接影响操纵性能。

轮胎的径向和纵向刚性试验结果如表2所示。

表2 轮胎的径向和纵向刚性试验结果 N·mm<sup>-1</sup>

项 目	方案编号		
	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>
径向刚性	238.6	225.8	221.6
纵向刚性	308.2	259.4	272.4

从表2可以看出:1<sup>#</sup>方案轮胎的径向和纵向刚性相对较大,3<sup>#</sup>方案轮胎其次,2<sup>#</sup>方案轮胎最小;相对于1<sup>#</sup>方案轮胎,2<sup>#</sup>方案轮胎带束层角度增大,径向和纵向刚性均下降;相对于3<sup>#</sup>方案轮胎,2<sup>#</sup>方案轮胎三角胶高度增大,纵向刚性下降,径向刚性增大不明显。

因此,可以认为三角胶高度和带束层角度增大,可降低轮胎的纵向和径向刚性<sup>[7]</sup>,轮胎的整体刚性降低。

### 2.2 室内冲击试验

室内冲击试验可以衡量轮胎越过障碍物时的冲击力大小,主要用于轮胎舒适性评估和轮胎建模。

室内冲击试验结果如表3和4及图3所示。其中:RF为轮胎径向力;RF<sub>pp</sub>为冲击力峰峰值(轮胎在越过突起物初始时力的大小);1/Δt为被冲击后轮胎的振动频率;振动衰减比为轮胎振动衰减能力指数,其值越小,振动衰减越快。

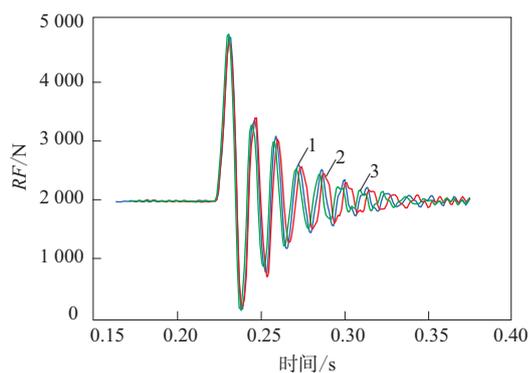
从表3和4及图3可以看出:与1<sup>#</sup>和3<sup>#</sup>方案轮胎相比,2<sup>#</sup>方案轮胎的初始冲击力<sup>[8-10]</sup>较小,且3<sup>#</sup>方案轮胎的初始冲击力最大;而1<sup>#</sup>与2<sup>#</sup>方案轮胎的振动频率和振动衰减比较接近,3<sup>#</sup>方案轮胎的振动衰减比最小,说明1<sup>#</sup>和2<sup>#</sup>方案轮胎的振动衰减能力不如3<sup>#</sup>方案轮胎。因此,增大三角胶高度或者带束层角

表3 冲击条高度为1 cm时轮胎室内冲击试验结果

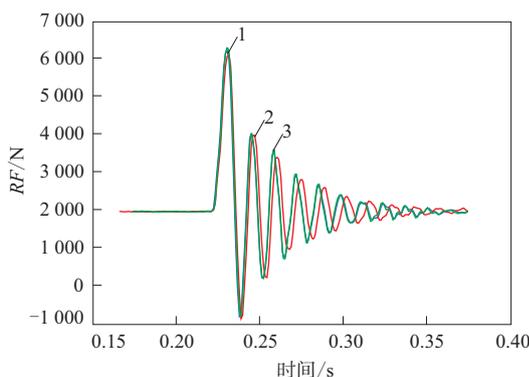
项 目	方案编号		
	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>
$RF_{pp}/N$	4 911.9	4 676.1	5 038.4
$(1/\Delta t)/Hz$	64.52	60.24	74.07
振动衰减比	0.502	0.543	0.353

表4 冲击条高度为1.5 cm时轮胎室内冲击试验结果

项 目	方案编号		
	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>
$RF_{pp}/N$	7 397.9	7 271.1	7 402.0
$(1/\Delta t)/Hz$	68.97	69.44	64.52
振动衰减比	0.556	0.528	0.402



(a) 冲击条高度为1 cm



(b) 冲击条高度为1.5 cm

方案编号:1—1<sup>#</sup>;2—2<sup>#</sup>;3—3<sup>#</sup>。

图3 室内动态冲击试验 $RF$ 与时间的关系

度可以降低轮胎通过障碍物时的冲击力,减小三角胶高度可以提高轮胎的振动衰减能力<sup>[11]</sup>。

### 2.3 场地舒适性主观评价

场地舒适性试验主观评分对比如表5所示。

从表5可以看出,2<sup>#</sup>方案轮胎综合评分相对较高,3<sup>#</sup>方案轮胎次之,1<sup>#</sup>方案轮胎最低,但振动衰减能力评分项,3<sup>#</sup>方案轮胎最高,1<sup>#</sup>和2<sup>#</sup>方案轮胎接

表5 场地舒适性试验主观评分对比

项 目	方案编号		
	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>
舒适性			
路感	7.0	7.0	7.0
高频振动	6.5	6.7	6.7
隔离感	6.3	6.7	6.5
路面感	6.3	6.7	6.5
冲击(凹凸)	6.0	6.5	6.0
冲击接缝	6.0	6.7	6.0
弹跳	6.0	6.0	6.3
振动衰减能力	6.7	6.5	7.0
综合评分	6.3	6.7	6.5

近。由此可见,2<sup>#</sup>方案轮胎的场地舒适性相对1<sup>#</sup>和3<sup>#</sup>方案轮胎更好,但3<sup>#</sup>方案轮胎的振动衰减能力最优,此结果与室内冲击试验结果较为接近。因此,轮胎设计选用不同的三角胶高度和带束层角度可以综合影响轮胎的舒适性,三角胶高度和带束层角度增大可以改善轮胎的舒适性。

### 3 结论

(1) 调整轮胎结构降低其整体刚性,可以在一定程度上改善轮胎的舒适性,增大三角胶高度或带束层角度可以提高轮胎舒适性。

(2) 减小三角胶高度可以提高轮胎的振动衰减能力。

(3) 可以通过室内刚性和冲击测试数据来预估轮胎的场地性能,提前实现轮胎设计方案的优选和后期改善,从而提高轮胎设计效率,缩短轮胎整车配套的开发周期,并节约开发成本。

### 参考文献:

- [1] 史一锋. 砥砺前行中的我国轮胎行业发展状况及展望[J]. 轮胎工业, 2020, 40(12): 707-713.
- [2] 任成龙, 徐慧宝. 路面减速带对汽车平顺性和安全性影响的仿真与试验研究[J]. 机械设计与制造, 2015(1): 191-194.
- [3] DORFI H R. Tire cleat impact and force transmission: modeling based on FTIRE and correlation to experiment all data[R]. America: SAE Technical Paper Series, 2004-01-1575.
- [4] 刘振国, 任念组, 魏晓辰. 轮胎包容特性及冲击特性试验数据分析[J]. 中国橡胶, 2018, 34(5): 36-40.
- [5] 俞洪. 充气轮胎性能与结构[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 48-51.
- [6] Anon. Dynamic cleat test with perpendicular and inclined cleats[S]. America: SAE J 2730—2021.
- [7] 刘程, 刘振国, 张新峰, 等. 轿车轮胎均匀性影响因素试验研究[J].

- 橡胶工业, 2019, 66(1): 3-12.
- [8] 赖欣. 典型路面冲击工况整车平顺性分析[D]. 长春: 吉林大学, 2018.
- [9] 李小龙. 轮胎冲击性能的数值分析方法与研究[J]. 上海汽车, 2017(8): 34-37.
- [10] 臧孟炎, 王立臣, 周涛, 等. 子午线轮胎的动态特性仿真分析与评价[J]. 华南理工大学学报, 2020, 48(8): 124-129.
- [11] 姜贺贺. 路面冲击下车轮动载特性研究[D]. 长春: 吉林大学, 2017.

收稿日期: 2021-02-01

## Study on Structure Characteristics and Comfort of Passenger Car Tire

ZHANG Wenqing, WU Jian, LI Zengping, LIU Wenchao, JIN Xing, LI Lingyun

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

**Abstract:** In this study, the structure characteristics and comfort of passenger car tires were studied by taking a 215/50R17 95W tire as the research object, and three structural schemes were designed by adjusting the height of apex and the angle of belt layer. The mechanical properties of the tire were obtained through indoor stiffness and dynamic impact tests, and verified in the test field, so as to study the relationship between the tire structural characteristics, indoor mechanical properties and subjective comfort index in the field test. The results showed that, with the increase of apex height or belt angle, the overall stiffness of the carcass would be reduced, and the tire comfort would be improved. With the decrease of apex height, the vibration attenuation ability of the tire would be improved. The comfort level in the field test could be predicted by the overall stiffness and indoor dynamic impact test data.

**Key words:** passenger car tire; structure characteristic; comfortable performance; whole stiffness; dynamic cleat

### 玲珑轮胎荣登全球12强

日前, 英国权威轮胎媒体《Tyrepress》发布全球轮胎最新排名, 其中山东玲珑轮胎股份有限公司(简称玲珑轮胎)荣登世界第12强。据《Tyrepress》评论, 玲珑轮胎从2019年第17位、2020年第14位, 到2021年第12位, 稳步上升的排名比前25强中任何其他轮胎制造商都要快。

2020年在全球疫情肆虐、各大品牌轮胎业绩纷纷缩水背景下, 玲珑轮胎逆势大幅增长, 直接带来了全球排名的上升。从2020年财报数据来看, 玲珑轮胎累计销售轮胎6 332.54万条, 同比增长7.34%; 实现营业收入183.827亿元, 同比增长7.1%; 实现利润总额23.11亿元, 归属于上市公司股东的净利润22.2亿元, 同比增长33.13%。

自2003年进入全球轮胎名单, 玲珑轮胎实现了质的跨越, 除了2015年美国对中国轮胎反倾销造成营业下滑外, 公司整体销售额逐年增长。

在全球75强排名中, 2003年玲珑轮胎还处于第45位, 到2005年达到第20位。此次玲珑轮胎过关斩将, 力压群雄, 仅用18年时间就跻身全球前12位, 无疑是全球轮胎行业的一匹黑马, 其于2020年入选“2020年全球十大最具价值轮胎品牌”榜单。

2021年6月9日, 玲珑轮胎发布公告, 计划在陕西省铜川市建设中国第6个生产基地, 总投资60.66亿元。

在玲珑轮胎发布的中长期发展战略规划(2020—2030年)纲要中, 拟将“6+6”发展战略调整为“7+5”发展战略, 即国内7个生产基地, 国外5个生产基地, 到2030年产销量突破1.6亿条轮胎产能。目前公司在全球拥有7个研发机构, 分别在招远、烟台、上海、北京、济南、北美、德国; 7个生产基地分别在招远、德州、柳州、湖北、长春、泰国、塞尔维亚, 其中长春和塞尔维亚基地正在建设中。

(摘自《中国化工报》, 2021-06-23)