

# 轮毂宽度对操纵稳定性的影响研究

巫升斌 董幸之 谢伟忠 王中兴 辛运

(广州汽车集团股份有限公司汽车工程研究院, 广州 511434)

**【摘要】**为探究不同宽度的轮辋对操纵稳定性的影响,开展轮胎轮廓扫描试验、静态刚度试验和六分力试验,实车操纵稳定性主观评价试验、客观试验,通过对台架的静态试验研究,分析比较了不同宽度轮辋的轮胎静力学特性,通过对比实车操纵稳定性主客观试验,分析比较了轮胎的实际动态表现,探究了相同轮胎在不同宽度的轮毂上安装时,整车操纵稳定性的变化趋势,台架试验结果表明,轮胎安装的轮毂越宽,车辆操纵稳定性越高,实车主客观试验结果也印证了这一点。

**关键词:** 轮毂宽度 操纵稳定性 主观评价 客观试验

**中图分类号:** U467 **文献标志码:** A **DOI:** 10.20104/j.cnki.1674-6546.20220094

## Research on the Wheel Hub Widths on Handling Stability

Wu Shengbin, Dong Xingzhi, Xie Weizhong, Wang Zhongxing, Xin Yun

(Automotive Research & Development Center of Guangzhou Automobile Group Co., Ltd., Guangzhou 511434)

**【Abstract】**In order to explore the impact of rims with different widths on handling stability, the tire contour scanning test, static stiffness test and six-component force test, subjective evaluation test and objective test of real vehicle handling and stability were carried out. The static characteristics of tires with different widths of rims were analyzed and compared through static test and research on the bench. The actual dynamic performance of tires was analyzed and compared through subjective and objective test of real vehicle handling and stability. The change trend of vehicle handling stability was explored when the same tire was mounted on the wheel hub with different width. Bench test results show that the wider the wheel hub is mounted, the higher the vehicle handling stability is. The subjective and objective test results of the real vehicle also confirm this conclusion.

**Key words:** Wheels widths, Handling stability, Subjective evaluation, Objective test

**【引用格式】**巫升斌,董幸之,谢伟忠,等. 轮毂宽度对操纵稳定性影响研究[J]. 汽车工程师, 2023(3): 39-43.

WU S B, DONG X Z, XIE W Z, et al. Research on the Wheel Hub Widths on Handling Stability[J]. Automotive Engineer, 2023(3): 39-43.

## 1 前言

近年来,汽车工业的发展带动了国内轮毂产业的快速发展,轿车研发中采用的轮毂种类和规格、搭配的轮胎尺寸也越来越多。随着汽车消费者的年轻化,汽车的操纵稳定性日益受到重视。轮毂是车身重力传递到路面的重要部件,承受着转弯时的横向载荷、驱动力和制动力矩等,GB/T 2978—2014《轿车轮胎规格、尺寸、气压与负荷》<sup>[1]</sup>给出了轮胎可以适配的多种宽度的轮毂。不同宽度的轮毂装配相同的轮胎时,轮胎的宽度、接地面积、侧向刚度和

纵向刚度将发生改变,这些改变将直接影响汽车的操纵稳定性。

本文选取某车型搭载的 215/55 R17 规格轮胎,分别安装在 6.5J、7J、7.5J 规格的轮毂上,基于轮胎单体台架试验、实车操纵稳定性主观评价试验及客观试验分析不同宽度的轮毂对操纵稳定性产生的影响。

## 2 试验方法

### 2.1 单体台架试验

单体台架试验包括轮廓扫描试验、静态刚度试验及六分力试验<sup>[2]</sup>,使用的设备分别为轮胎扫描试

验机、静态刚度测试机和六分力测试台,乘用车轮胎扫描试验机如图1所示。



图1 乘用车轮胎扫描试验机

轮廓扫描试验可以得到轮胎的接地面积,而轮廓接地面积直接影响轮胎的抓地性能,进而影响汽车的操纵稳定性。

静态刚度试验及六分力试验可以输出径向刚度、横向刚度、纵向刚度、侧偏刚度、回正力矩等与实车操纵稳定性相关联的试验结果。

具体试验项目及条件如表1所示。

表1 单体台架试验项目

试验项目	试验条件	
轮廓扫描试验	将轮胎安装到试验轮辋,气压按设计胎压设定	
静态刚度	径向刚度、静负荷半径	设计胎压,径向载荷从0开始,直到最大载荷
	横向刚度	设计胎压,径向载荷按轮胎负荷指数的80%、100%、120%设定,逐步增加横向力至设备允许最大值或胎面与测试台发生相对滑动
	纵向刚度	设计胎压,径向载荷按轮胎负荷指数的80%、100%、120%设定,逐步增加纵向力至设备允许最大值或胎面与测试台发生相对滑动
力和力矩	纯纵滑	载荷按轮胎负荷指数的50%、80%、110%设定;侧倾角为0°;侧偏角为0°;滑移率范围为-30%~30%;速度为60 km/h
	纯侧偏	载荷按轮胎负荷指数的50%、80%、110%设定;侧倾角分别设为0°、±3°、±6°;侧偏角范围为-16°~16°;滑移率为0;速度为60 km/h(正向载荷:0.3/0.5/0.8倍轮胎最大负载)
	负载半径和有效滚动半径	载荷按轮胎负荷指数的50%、80%、110%设定;侧倾角为0°;侧偏角为0°;滑移率为0;速度分别设定为20 km/h、40 km/h、60 km/h、80 km/h、100 km/h
	纵向松弛长度	载荷按轮胎负荷指数的50%、80%、110%设定;侧倾角为0°;侧偏角为0°;滑移率为0;速度为5 km/h
	侧向松弛长度	载荷按轮胎负荷指数的50%、80%、110%设定;侧倾角为0°;侧偏角为1°;滑移率为0;速度为5 km/h

## 2.2 操纵稳定性试验

汽车操纵稳定性是车辆系统动力学的一个重要分支。车辆动力学是研究所有与车辆系统运动有关的学科<sup>[3]</sup>。汽车操纵稳定性的研究内容是汽车对驾驶员转向输入及外界干扰的响应<sup>[4]</sup>,还有驾驶员在控制汽车时操纵感觉的难易轻便程度<sup>[5]</sup>。实车操纵稳定性客观试验项目选取 GB/T 6323—2014《汽车操纵稳定性试验方法》<sup>[6]</sup>中的稳态回转试验及 ISO 7401《道路车辆 横向瞬时响应试验方法 开路试验方法》中的频率扫描试验。实车操纵稳定性主观试验项目参考某企业的操纵稳定性主观评价试验标准。

稳态回转试验用以测定汽车的转向特性以及车身的侧倾特性,从而确定汽车的稳定性能。频率扫描试验用于评价实车的动态特性。主观评价主要评价车辆中心区响应、稳态性能、瞬态性能以及极限稳定性能,试验过程如图2所示。



图2 操纵稳定性试验

不足转向度、侧倾梯度、最大侧向加速度、0.5 Hz时的横摆角度增益、横摆角速度对转向盘转角的滞后时间等试验结果是衡量实车操纵稳定性的重要指标,具体试验项目如表2所示。

表2 实车操纵稳定性试验项目

试验项目	试验条件
稳态回转试验	转向盘不足转向梯度、侧倾梯度、最大侧向加速度、最高车速
频率扫描试验	0.5 Hz横摆角速度增益、0.5 Hz侧倾增益、侧向加速度对转向盘转角滞后时间、横摆角速度对转向盘的滞后时间
操纵稳定性主观评价	中间位置、稳态性能、瞬态性能、极限稳定性

## 3 试验结果

### 3.1 单体轮胎台架试验结果

#### 3.1.1 轮廓扫描试验

轮廓扫描试验结果如表3示。

表3 轮胎宽度试验结果

试验项目	轮毂宽度代号			差异/%
	6.5J	7J	7.5J	
轮胎宽度/mm	224	230	237	5.65

试验结果表明,轮胎宽度与装配轮毂宽度正相关且影响显著,轮辋宽度增加1英寸(约合25.4 mm)时,轮胎宽度的变化差异超过5%。

### 3.1.2 单体台架静刚度试验结果

台架静刚度试验结果如表4、图3~图5所示。

表4 单体台架静刚度试验结果

试验项目	轮毂宽度代号			差异/%
	6.5J	7J	7.5J	
径向刚度/ $N \cdot mm^{-1}$	215	224	227	5.4
侧向刚度/ $N \cdot mm^{-1}$	127	148	169	28.4
纵向刚度/ $N \cdot mm^{-1}$	258	263	264	2.3

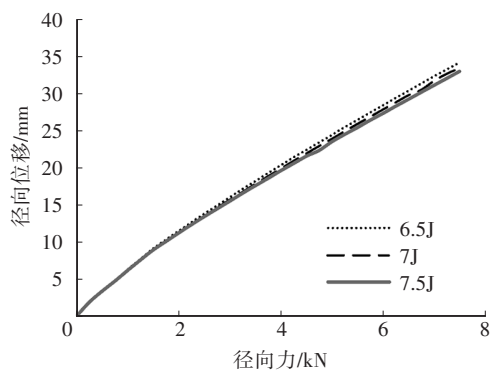


图3 径向刚度曲线

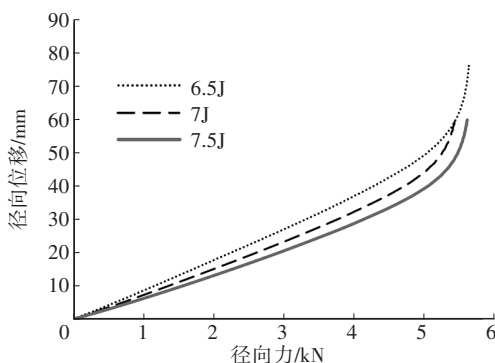


图4 侧向刚度曲线

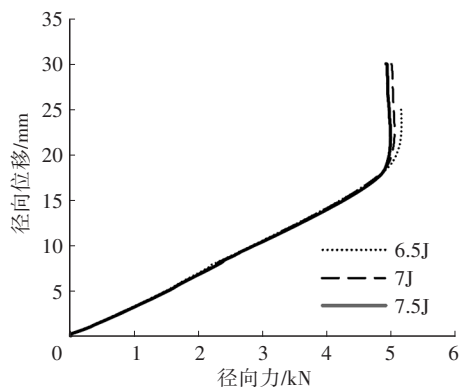


图5 纵向刚度曲线

试验结果表明,轮胎装配轮毂宽度与轮胎径向刚度、侧向刚度、纵向刚度整体呈正相关。其中轮

毂宽度对侧向刚度的影响最大,对操纵稳定性影响较大。随轮毂宽度增加,侧向刚度增加,对侧倾的抑制能力增强,侧向运动的响应更快。

### 3.1.3 单体台架六分力试验结果

单体台架六分力试验结果如表5、图6、图7所示。

表5 单体台架六分力试验结果

试验项目	轮毂宽度代号			差异/%
	6.5J	7J	7.5J	
侧偏系数-前轴( $1^\circ$ )	0.267 1	0.279 8	0.288 2	7.50
侧偏系数-前轴( $4^\circ$ )	0.865 3	0.899 7	0.887 3	2.40
侧偏系数-前轴( $8^\circ$ )	1.025 9	1.034 9	1.052 5	2.60
回正力矩系数-前轴( $1^\circ$ )	8.425 4	8.310 5	8.460 5	0.40
载荷转移灵敏度-前轴( $2^\circ$ )	0.232 8	0.205 8	0.188 2	21.74
载荷灵敏度-前轴( $1^\circ$ )	0.112 5	0.149 2	0.169 2	38.00
前轮侧偏刚度/ $N \cdot mm^{-1}$	-1 216	-1 272	-1 324	8.50
后轮侧偏刚度/ $N \cdot mm^{-1}$	-1 137	-1 175	-1 214	6.60

注: $1^\circ$ 、 $2^\circ$ 、 $4^\circ$ 、 $8^\circ$ 指试验时的轮毂侧偏角。

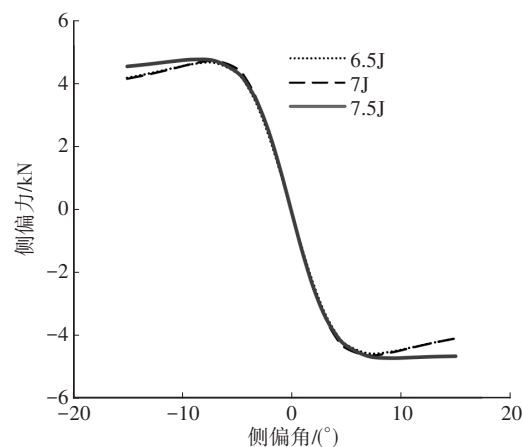


图6 侧偏刚度曲线

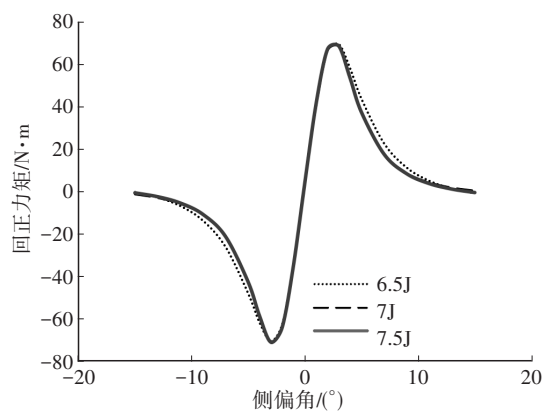


图7 回正刚度曲线

试验结果表明:

a. 轮毂宽度对载荷灵敏度-前轴( $1^\circ$ )影响最为

显著,两者呈正相关,表明轮毂宽度增加,载荷转移灵敏度也随之提高;

b. 轮毂宽度对侧偏系数-前轴( $1^\circ$ )影响较大,呈正相关,表明在侧向加速度线性区,随轮毂宽度增加,轮胎侧偏刚度增大,影响不足转向度;

c. 轮毂宽度对载荷转移灵敏度-前轴( $2^\circ$ )影响较大,呈负相关,表明在非线性区,随轮毂宽度增加,车辆操控线性度增强。

单体台架试验结果表明,相同轮胎装配不同宽度轮辋的试验结果差异明显,随轮辋宽度的增大,影响操纵稳定性的各参数均向操纵稳定性提升的方向变化。

### 3.2 操纵稳定性试验结果

#### 3.2.1 稳态回转试验结果

稳态回转试验结果如表6所示。

表6 稳态回转试验结果

试验项目	客观指标	轮毂宽度代号			差异/%
		6.5J	7J	7.5J	
稳态回转试验	0.1~0.35 g 不足转向梯度/ $l^\circ \cdot g^{-1}$	35.36	32.70	30.52	14.80
	0.4~0.6 g 不足转向梯度/ $l^\circ \cdot g^{-1}$	86.42	84.86	68.67	20.90
	侧倾梯度/ $l^\circ \cdot g^{-1}$	4.27	4.26	4.30	0.70

试验结果表明,不同轮毂宽度对不足转向梯度影响较大,呈负相关。

#### 3.2.2 频率扫描试验结果

频率扫描试验结果如表7所示。

表7 频率扫描试验结果

试验项目	客观指标	轮毂宽度代号			差异/%
		6.5J	7J	7.5J	
频率扫描试验	0.5 Hz 的横摆角速度增益/ $s^{-1}$	0.333	0.344	0.351	5.2
	0.5 Hz 时侧倾增益/ $l^\circ \cdot g^{-1}$	4.276	4.362	4.116	3.7
	100 km/h, 1 Hz 时侧向加速度对转向盘转角滞后时间/s	0.121	0.118	0.113	6.8
	100 km/h, 1 Hz 时横摆角速度对转向盘转角滞后时间/s	0.080	0.081	0.079	1.2

#### 3.2.3 实车主观评价试验结果

实车主观评价试验结果如表8所示。

表8 实车主观评价试验结果

评价项目	轮毂宽度代号		
	6.5J	7J	7.5J
中间位置	0	+	++
稳态性能	0	+	++
瞬态性能	0	+	++
极限稳定性	0	+	++
主观评分	6.5	6.75	7

注:以6.5J为基准,以“+”表示高一个等级,每增加一个“+”,代表更高一等级。

试验结果表明,不同轮毂宽度对横摆角速度增益及时间滞后影响较大,宽度越大,横摆角速度增益越大,时间滞后越短。

实车操纵稳定性试验结果表明,相同轮胎装配不同轮辋宽度的试验结果差异明显,其中不足转向梯度、侧倾梯度、0.5 Hz 的横摆角速度增益、侧向加速度对转向盘转角滞后时间变化明显,且均趋向操纵稳定性提升的方向。

## 4 结束语

本文结合单体轮胎台架试验、实车操纵稳定性试验及实车主观评价,对轮胎装配不同宽度的轮辋进行试验,试验结果表明,不同轮辋宽度的轮胎对操纵稳定性影响显著,相同轮胎装配的轮辋越宽,操纵稳定性越好。

### 参考文献

- [1] 中国石油和化学工业联合会. 轿车轮胎规格、尺寸、气压与负荷: GB/T 2978—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.  
CPCIF. Size Designation, Dimensions, Inflation Pressure and Load Capacity for Passenger Car Tyres: GB/T 2978—2014[S]. Beijing: Standards Press of China, 2014.
- [2] GENT A N, WALTER J D. 轮胎理论与技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2013.  
GENT A N, WALTER J D. The Pneumatic Tire[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2013.
- [3] CROOLLA D, 喻凡. 车辆动力学及其控制[M]. 北京: 人民交通出版社, 2010.  
CROOLLA D, YU F. Vehicle Dynamics and Control[M]. Beijing: China Communication Press, 2010.
- [4] MITSCHKE M, WALLENTOWITZ H. 汽车动力学[M]. 陈荫三, 余强, 译. 4版. 北京: 清华大学出版社, 2009: 469.  
MITSCHKE M, WALLENTOWITZ H. Automotive Dynamics [M]. CHEN Y S, YU Q, Translated. 4th Ed. Beijing: Tsinghua University Press, 2009: 469.

- [5] GILLESPIE T D. 车辆动力学基础[M]. 赵六奇, 金达锋, 译. 北京: 清华大学出版社, 2006: 134.  
GILLESPIE T D. Fundamentals of Vehicle Dynamics[M]. ZHAO L Q, JIN D F, Translated. Beijing: Tsinghua University Press, 2006: 134. 方法: GB/T 6323—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.  
MIT. Controllability and Stability Test Procedure for Automobile: GB/T 6323—2014[S]. Beijing: Standards Press of China, 2014. (责任编辑 弦 歌)
- [6] 中华人民共和国工业和信息化部. 汽车操纵稳定性试验 修改稿收到日期为2022年12月12日。

## 《汽车技术》征稿启事

《汽车技术》杂志是中国第一汽车集团有限公司主办的国内外公开发行的汽车前瞻与应用技术类月刊,为我国高质量科技期刊分级目录入选期刊、中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊、中文核心期刊、中国科技核心期刊、RCCSE中国核心学术期刊(A)、俄罗斯《文摘杂志》(AJ)收录期刊。

《汽车技术》杂志以报道汽车整车及其零部件设计、研究、试验等方面的前瞻与应用技术为主,并兼有理论研究内容,是中国汽车行业核心学术和知识传播与共享的平台。

《汽车技术》将在国家提出的“创新、协调、绿色、开放、共享”发展理念的指引下,把握《节能与新能源汽车技术路线图》和“低碳化、信息化、智能化”的汽车技术主流发展趋势,努力在传统内燃机汽车高效动力系统、轻量化、低阻力领域,新能源汽车和互联智能汽车技术领域,大力吸收优质稿源,为广大科研和工程技术人员服务,为我国汽车工程技术创新能力提升贡献力量。

《汽车技术》欢迎高等院校师生、研发工程技术人员、技术管理人员及相关人员不吝赐稿,反映国家重点扶持项目、自然科学基金项目和其他重点项目等研究成果的稿件将被优先选择刊登。

投稿要求:

1. 文章字数最好控制在6 000~8 000字范围之内;
2. 请按科技论文要求撰写文章摘要,摘要中文字数控制在180字左右;
3. 文章必须附有公开发表的、体现本领域最新研究成果的参考文献,且在文中应标注文献引用处;
4. 文章主要作者应提供其简介,包括出生年、性别、职称、学历、研究方向及技术成果等;
5. 来稿的保密审查工作由作者单位负责,确保署名无争议,文责自负;
6. 请勿一稿多投;
7. 本刊使用网站投稿,请先登陆网站注册成功后投稿,详细投稿要求见本刊网站中“下载中心”栏目的“作者指南”,网址:<http://qejc.cbpt.cnki.net>。

《汽车技术》编辑部