

花纹沟深度对轮胎性能的影响

李方舟, 马新军, 刘杰, 王安, 王代华

(怡维怡橡胶研究院有限公司, 山东 青岛 266045)

摘要: 使用相同配方、结构及花纹但花纹沟深度不同的轮胎, 通过室内外测试研究轮胎花纹沟深度对轮胎性能的影响。结果表明: 减小花纹沟深度可以提高轮胎的干地制动性能、操纵性能和舒适性, 降低噪声和滚动阻力, 但会降低水滑性能和缩短使用寿命; 花纹沟深度对湿地制动性能、湿地操纵性能和湿圆环行驶性能影响较小。

关键词: 轮胎; 花纹沟深度; 制动性能; 水滑性能; 噪声; 滚动阻力; 寿命

中图分类号: U463.341; TQ336.1

文献标志码: A

文章编号: 1006-8171(2023)04-0195-04

DOI: 10.12135/j.issn.1006-8171.2023.04.0195



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

随着汽车工业的蓬勃发展, 各汽车厂及其供应商都致力于提升配件质量, 从而改善整车性能。轮胎作为汽车唯一与地面接触的部件, 对汽车性能至关重要。轮胎结构复杂, 胶料配方、花纹类型和结构设计等都会对轮胎的性能产生影响。其中, 花纹沟深度是轮胎的重要设计参数, 减小花纹沟深度可以降低成本和轮胎滚动阻力, 但对耐磨性能、抗湿滑性能和噪声等也会产生影响, 因此轮胎设计时需要综合考虑各项性能。随着配方设计技术的不断进步, 胶料的耐磨性能和抓着性能均有了较大提升, 为减小轮胎花纹沟深度提供了可能。目前花纹沟对轮胎性能影响的研究主要集中在噪声和耐磨性能方面^[1-7], 研究方式以室内测试及有限元分析居多。

本研究使用相同配方、结构及花纹但花纹沟深度不同的轮胎, 进行各种实车测试及室内测试, 从轮胎干、湿地制动性能、噪声、水滑和滚动阻力等多方面进行对比分析, 以期对轮胎花纹沟深度设计提供参考。

1 实验

1.1 测试轮胎

测试轮胎规格为205/55R16 94V XL, 采用高

作者简介: 李方舟(1992—), 男, 山东青岛人, 怡维怡橡胶研究院有限公司工程师, 硕士, 主要从事轮胎结构设计及性能研究工作。

E-mail: 525957934@qq.com

性能轮胎花纹。加工花纹沟深度不同的两副模具, 生产2个方案轮胎。2个方案轮胎的配方、结构及花纹均相同, 仅花纹沟深度不同, 实测花纹沟深度分别为6.6和7.3 mm。

1.2 性能测试

(1) 室外测试。车型为大众高尔夫, 测试场地为山东省烟台市的IDIADA试验场。测试项目有干、湿地制动性能(速度100 km·h⁻¹至零), 通过噪声, 横向、纵向水滑性能, 主观操纵性、舒适性, 湿地操纵性能和湿圆环行驶性能。测试方法参照欧盟ECE法规及欧洲杂志试验方法。

(2) 室内测试。测试项目为滚动阻力, 测试标准为ISO 28580:2018。

2 结果与讨论

2.1 制动性能

轮胎的制动性能是影响车辆安全性的重要指标。不同花纹沟深度轮胎的干、湿地制动性能测试结果如表1所示。

从表1可以看出, 花纹沟深度为6.6 mm轮胎的干地制动距离比花纹沟深度为7.3 mm轮胎缩

表1 花纹沟深度对轮胎制动性能的影响

项 目	花纹沟深度/mm	
	6.6	7.3
干地制动距离	37.71	39.47
湿地制动距离	45.39	45.78

短1.76 m,干地制动性能提高4.7%。分析原因为花纹沟较深的轮胎花纹块刚性小,受纵向制动力作用时,花纹块容易变形,可能会造成花纹块接地处局部翘起,使接地面积减小,对干地制动性能不利。

本次试验湿地制动水膜深度为 (1 ± 0.5) mm,从表1可以看出,花纹沟深度对湿地制动性能影响较小,与花纹沟深度为6.6 mm的轮胎相比,花纹沟深度为7.3 mm的轮胎湿地制动距离延长约0.4 m,两方案轮胎湿地制动性能相当。分析原因为花纹沟较浅的轮胎花纹沟体积小,排水能力弱,对湿地制动不利,但花纹沟较浅的轮胎花纹块刚性大,接地面积大,有利于轮胎抓着性能,在浅水膜工况时,两种因素相互抵消,因此两方案轮胎湿地制动性能测试结果相当。

2.2 通过噪声

根据ECE R117—2016进行轮胎通过噪声测试。花纹沟深度为6.6和7.3 mm轮胎的温度修正后的噪声声压级分别为69.0和69.4 dB(A)。

仅比较温度修正后的噪声,两方案轮胎相差不大。轮胎通过噪声测试时,跑道两侧各有1个麦克风,分别对两个麦克风收集的在不同速度下的噪声进行分析,结果如图1所示。

从图1可以看出:在低速(低于 $83 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$)时,两方案轮胎噪声差异不大;在高速时,花纹沟较深的轮胎噪声较大,并且随着速度提高,两方案的噪声差异有继续增大的趋势。分析原因为花纹沟较深的轮胎花纹沟体积较大,泵浦噪声的作用更强,高频花纹噪声更大,当车辆高速行驶时,更容易激起花纹的泵浦噪声,因此花纹沟较深的轮胎噪声更大。

2.3 水滑性能

随着人们安全意识的提高,越来越多的轮胎企业和测试机构开始关注轮胎的水滑性能^[8-10]。在欧洲杂志组织的测试中,水滑性能的权重约占轮胎总体性能的10%。T. F. FWA等^[11]通过有限元仿真的方法发现,增大花纹沟深度能提高轮胎的水滑速度,降低水滑风险。本次试验水膜深度为6 mm,测试结果如图2所示。

从图2可以看出:对于横向水滑性能,在车速

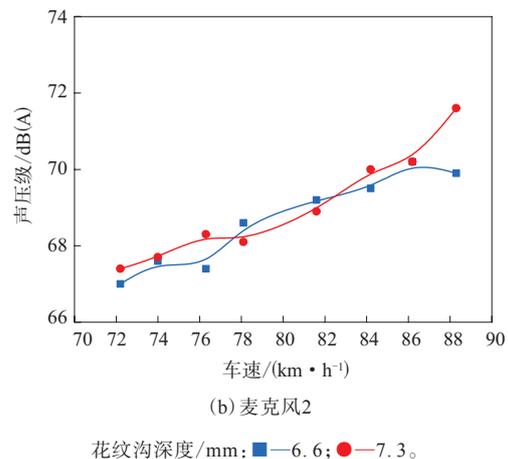
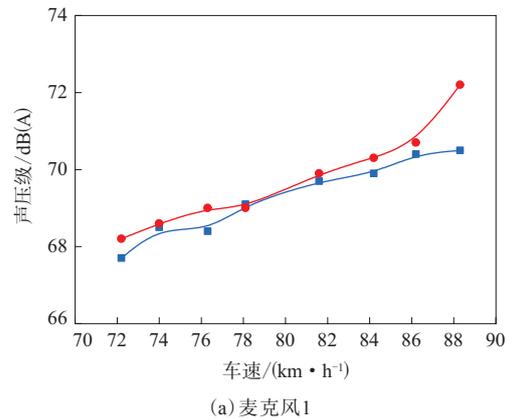


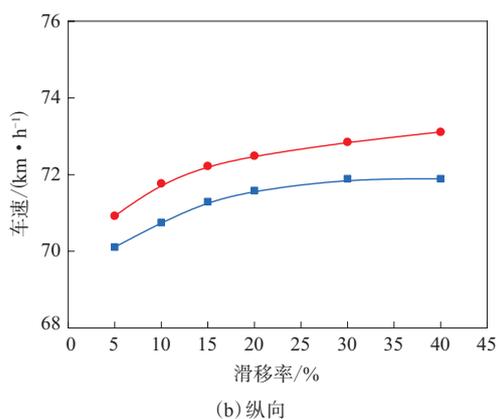
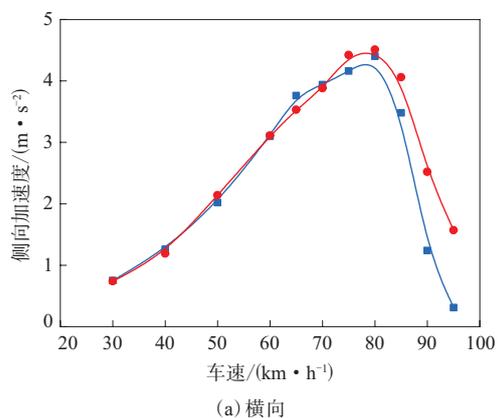
图1 花纹沟深度对轮胎通过噪声的影响

低于 $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 时,两方案轮胎差异不大,在车速高于 $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 时,花纹沟深度为7.3 mm的轮胎侧向加速度更大,横向水滑性能更好;对于纵向水滑性能,在不同滑移率下,花纹沟深度为7.3 mm的轮胎对应车速均更高,花纹沟深度较大的轮胎纵向水滑性能提升明显。原因是水滑测试侧重于考察轮胎的排水能力,当水膜较厚、速度较高时,对轮胎排水能力的要求更高。花纹沟越深,轮胎的排水性能越好,因此在厚水膜、高速度的工况下,花纹沟较深的轮胎横向和纵向水滑性能更好。

2.4 操纵性能和舒适性

对两方案轮胎进行主观操纵性能和舒适性实车测试,专业车手的评分结果如表2所示。

由表2可知,在主观操纵性能测试时,花纹沟较深的轮胎在极限驾驶时抓着性能较差,转向响应延迟较大。分析原因为花纹沟较深的轮胎花纹块刚性小,受力时容易变形,可能会造成局部翘



注同图1。

图2 花纹沟深度对轮胎水滑性能的影响

表2 花纹沟深度对轮胎操纵性能和舒适性的影响

项 目	花纹沟深度/mm	
	6.6	7.3
主观操纵性能评分	6.50	6.50
噪声舒适性评分	6.75	6.50
驾驶舒适性评分	6.75	6.50

注:评分范围为1~10,以0.25为单位进行评分,评分越高性能越好。

起,使接地面积减小,从而影响轮胎抓着力。另外,较低的花纹块刚性也降低了轮胎受力响应的灵敏性,因此会出现转向响应延迟的现象。

由表2还可以看出,在舒适性测试时,花纹沟较深的轮胎在路面噪声、高频震动项目上表现较差。分析原因为花纹沟较深时,花纹沟体积和泵浦噪声更大,且花纹沟较深的轮胎胎面胶较厚,冠部整体刚性大,不易吸收冲击,因此舒适性较差。另外,舒适性不仅与轮胎有关,轮胎与车辆的匹配也非常重要,花纹沟深度改变,轮胎的固有模

态和传递函数等也会发生变化,进而可能影响舒适性。

2.5 湿地操纵性能和湿圆环行驶性能

湿地操纵性能和湿圆环行驶性能也是欧洲杂志测试的项目。湿地操纵性能测试时水膜厚度为1 mm,车辆按固定路线行驶,记录每圈的平均速度,速度越高性能越好。湿圆环测试为湿玄武岩路面,车辆按固定半径绕圈极限行驶,对单圈记时取平均值,时间越短越好。花纹沟深度对轮胎湿地操纵性能和湿圆环行驶性能的影响如表3所示。

表3 花纹沟深度对轮胎湿地操纵性能和湿圆环行驶性能的影响

项 目	花纹沟深度/mm	
	6.6	7.3
湿地操纵测试速度/(km·h ⁻¹)	80.92	80.17
湿圆环行驶时间/s	29.72	29.66

由表3可知,花纹沟深度对轮胎湿地操纵性能和湿圆环行驶性能影响很小,在湿地操纵性能和湿圆环行驶性能测试时,水膜浅、速度低,行驶方向非纯纵向。在此种工况下,轮胎的排水作用对性能影响较小,胎面胶配方、花纹和结构设计等因素作用较大,因此两方案轮胎的湿地操纵性能和湿圆环行驶性能测试结果差异较小。

2.6 滚动阻力

轮胎滚动阻力是影响车辆能耗的重要指标,胎面胶产生的滚动阻力约占轮胎滚动阻力的50%,胎面胶的体积与滚动阻力呈正相关,而花纹沟深度是影响胎面胶体积的直接因素,因此花纹沟深度对轮胎滚动阻力有直接影响。

花纹沟深度为6.6和7.3 mm的轮胎滚动阻力系数分别为5.95和6.16 N·kN⁻¹。由此可见,花纹沟深度较小的轮胎滚动阻力较低,深度减小0.7 mm,滚动阻力系数降低约3.4%,由于两方案花纹沟深度差异较小,受生产工艺波动及测试误差影响,测试量化值仅供参考。

2.7 耐磨性能

以轮胎单位磨耗行驶里程20 000 km·mm⁻¹、磨耗标志高1.6 mm计算,花纹沟深度为6.6和7.3 mm轮胎的预期行驶里程分别为100 000和114 000

km。花纹沟深度直接影响轮胎的使用寿命,花纹沟深度从7.3 mm减小为6.6 mm,预期行驶里程缩短约12%,虽然缩短幅度较大,但只要胎面胶的耐磨性能足够高,预期行驶里程仍然可以满足绝大多数用户的需求。

3 结论

从对比测试结果看,花纹沟深度对轮胎多项性能都有影响。

(1)减小花纹沟深度可以提高轮胎的干地制动性能、操纵性能和舒适性,降低噪声和滚动阻力,但会降低水滑性能和缩短使用寿命。

(2)花纹沟深度对湿地制动性能、湿地操纵性能和湿圆环行驶性能影响较小。

除花纹沟深度外,影响轮胎性能的因素还有很多,如果某项性能过剩可以进行适当降低,如果性能不足,也可通过其他因素进行改善。另外,本研究仅分析了该规格轮胎及测试工况的数据,相关结论仅供参考。

参考文献:

[1] TANDY D F, CLAY C, ROSE R. An objective analysis of the effect of tire tread depth on crash causation and wet road vehicle

dynamics[J]. SAE International Journal of Passenger Cars-Mechanical Systems, 2013, 6(1): 187-224.

- [2] 卢磊. 轮胎花纹对轮胎噪声影响的研究[D]. 长春: 吉林大学, 2017.
- [3] 于森邈, 周洁. 花纹沟设计对轮胎花纹噪声的影响[J]. 轮胎工业, 2012, 32(4): 206-210.
- [4] 侯京斌, 王婷婷. 胎面花纹设计对轮胎噪声的影响[J]. 橡胶科技, 2020, 18(7): 382-385.
- [5] 李永强, 刘从臻, 李亚龙, 等. 花纹块刚度对轮胎抓着性能影响的研究[J]. 轮胎工业, 2020, 40(9): 533-537.
- [6] 胡海明, 徐方鑫. 花纹参数对轮胎模具排气性能的影响[J]. 橡胶工业, 2020, 67(3): 219-224.
- [7] 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.
- [8] SANTOSH S, ANUPAM K K, FWA T F. Analyzing effect of tire groove patterns on hydroplaning speed[J]. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2010(8): 2018-2031.
- [9] LIU T Z, TANG B M, LI H Y. Analysis of impact of tire tread groove depth on hydroplaning risk level[J]. Advanced Materials Research, 2012, 455-456: 1459-1467.
- [10] MALESKA M, PETRY F, FEHR D, et al. Longitudinal hydroplaning performance of passenger car tires[J]. Vehicle System Dynamics, 2019(11): 1-18.
- [11] FWA T F, KUMAR R S, ANUPAM R, et al. Effectiveness of tire-tread patterns in reducing the risk of hydroplaning[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2009, 2094(1): 91-102.

收稿日期: 2022-11-02

Effect of Pattern Groove Depth on Tire Performance

LI Fangzhou, MA Xinjun, LIU Jie, WANG An, WANG Daihua

(EVE Rubber Research Institute Co., Ltd., Qingdao 266045, China)

Abstract: The influence of the groove depth of tire tread pattern on tire performance was studied by indoor and outdoor tests using tires with the same formula, structure and tread pattern but with different pattern groove depths. The results demonstrated that lowering the pattern groove depth could improve the dry braking performance, handling performance and comfort of the tires, and reduce the noise and rolling resistance, but will cause a decrease in the hydroplaning performance and shorten service life. Meanwhile, the pattern groove depth had little effect on the wet braking performance, wet handling performance and wet ring riding performance.

Key words: tire; pattern groove depth; braking performance; hydroplaning performance; noise; rolling resistance; service life