

轮胎花纹沟槽变形特性研究

谭妍玮,徐延海*,张众华,刘秋生,陈 启

(西华大学 汽车与交通学院,四川 成都 610039)

摘要:在考虑轮胎实际沟槽结构的基础上,建立了具有细致沟槽的子午线轮胎模型。基于该模型,利用有限元分析平台进行轮胎的静态接触分析。通过仿真模拟结果,系统分析了轮胎与路面接触过程中胎面沟槽形状和尺寸的变形特性,为轮胎泵气噪声研究提供了可能。

关键词:轮胎;花纹沟槽;变形特性;泵气噪声

中图分类号:TQ336.1;O241.82 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-8171(2016)03-0142-05

随着汽车工业的飞速发展,机动车辆的噪声问题受到广泛关注。汽车噪声很大一部分来源于轮胎噪声,研究表明,当汽车以正常车速稳定行驶时,轮胎噪声占汽车噪声的80%^[1]。可见,轮胎噪声已经成为机动车辆的主要噪声源。

轮胎噪声产生的机理比较复杂,包括胎体振动产生的噪声和泵气噪声。泵气噪声是当轮胎与地面接触过程中胎面花纹受到挤压变形使得内部气流不断吸入、排出而产生的噪声。因此泵气噪声与花纹沟槽在通过接地区域时所排出的空气量有关,沟槽的形状和尺寸对泵气噪声的产生有一定影响^[2]。

目前,国内外对轮胎振动噪声的研究已趋于成熟,而花纹沟泵气噪声的研究仍然处于探索阶段,现有的泵气噪声有限元仿真大多为了简化只分析了纵向花纹沟槽,使得仿真结果与真实情况有很大差异。有研究考虑了复杂的花纹沟槽,但是只分析了沟槽的体积变化,未涉及沟槽尺寸以及截面形状的变化^[3]。

本工作建立了具有复杂花纹的子午线轮胎模型,采用有限元软件对花纹沟槽的变形特性进行数值模拟,研究了轮胎在静态接触过程中花纹沟槽的形状和尺寸的变化特征。

基金项目:教育部春晖计划资助项目(Z2012024);四川省科技厅重点资助项目(2011J00043)

作者简介:谭妍玮(1990—),女,四川广安人,西华大学在读硕士研究生,主要从事轮胎力学与噪声分析研究。

*通信联系人

1 轮胎有限元模型

1.1 轮胎几何模型的建立

考虑到胎面花纹精确的重要性,本工作以195/60R14子午线轮胎为研究对象,创建了包含复杂胎面花纹的轮胎模型,如图1所示,整个有限元模型包括轮胎和路面两部分。采取胎体和胎面分别建模的方法,其中胎面花纹由花纹块和花纹沟槽组成。花纹沟槽主要分为横向沟槽和纵向沟槽两类。轮胎是由多个部件构成,结构复杂,有限元分析需要采用合适的单元来模拟各种结构,本工作选用的轮胎单元类型为通用型四面体单元,该单元有二次方位移,能很好地模拟不规则网格,可以解决轮胎各构件形状复杂、尺寸小等引起的模拟困难问题。整个轮胎都采用自由网格划分方式,在计算成本和计算精度两方面的综合考虑下,生成了约40万个单元,60万个节点^[4]。

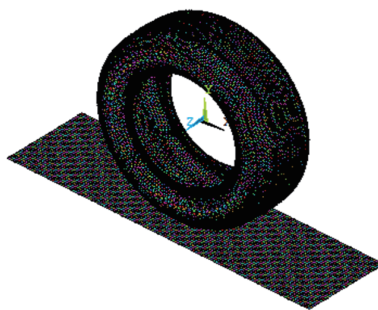


图1 轮胎有限元模型

1.2 边界条件及负荷

轮胎安装在轮辋上进行充气,为了简化计算,假设轮胎与轮辋的接触为粘接状态,将胎圈部分

施加完全固定约束来实现轮胎的固定。轮胎的充气压力为240 kPa,通过在轮胎的内表面施加均布负荷来模拟充气工况。由于轮胎是橡胶材料,路面与轮胎相比硬度大得多,因此将路面定义为刚体,静态接触过程采用相对运动原理,即固定轮胎不动,让路面压向轮胎,等效地模拟轮胎所受的垂直负荷作用。在非线性求解中,位移负荷比集中力负荷收敛速度更快,选择创建控制节点,在控制节点上施加18 mm的位移负荷。

2 结果与分析

轮胎泵气噪声产生的关键部位在花纹沟槽处。为了验证在静态接触过程中与路面接触的胎面沟槽被压缩变形,需要对接触前和接触后的胎面沟槽形状以及里端和外端宽度、深度等进行比较。充气压力为240 kPa、下沉量为18 mm时,轮胎与路面静态接触后的接地印痕如图2(a)所示。其中,从黄色、棕色到红色表示接触程度的增加。由仿真结果可知,轮胎共有7条横向沟槽和2条纵向沟槽处于接地印痕处,由于纵向沟槽对空气泵气噪声的影响较小^[5-6],因此在此只分析接地区域附近影响较大的5条横向沟槽,如图2(b)所示。

2.1 横向沟槽截面形状变化

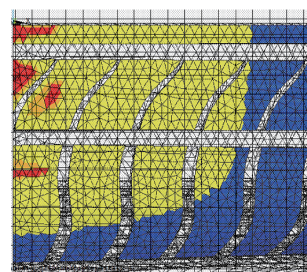
为了研究花纹沟槽的形状变化,提取5条花纹沟槽的节点信息,然后由节点重新生成封闭曲面,整个过程如图3所示。5条花纹沟槽变形前后三维建模生成的曲面如图4所示。分析每条沟槽的形状可知,在接触过程中,横向沟槽截面由矩形变成梯形,如图5所示,起始花纹沟槽的里端宽度为 a ,外端宽度为 b ,深度为 c ;在接触变形后,里端宽度变成 a' ,外端宽度变成 b' ,深度变成 c' 。

2.2 横向沟槽尺寸变化

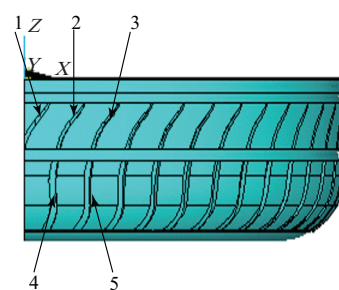
2.2.1 轴向变化

为了解胎面沟槽在不同断面处截面尺寸的变化,将轮胎沿轴向进行划分,如图6所示。选取横向沟槽2在轴向断面1、轴向断面2、轴向断面3处的截面以及横向沟槽4在轴向断面4、轴向断面5、轴向断面6处的截面进行分析。

横向沟槽2在不同断面处的宽度变化如图7所示。由图7可见:静态接触过程中,沟槽的里端和外端宽度随着时间的延长而减小;在同一个断面



(a) 接地印痕



(b) 胎面沟槽

图2 轮胎接地印痕及胎面沟槽

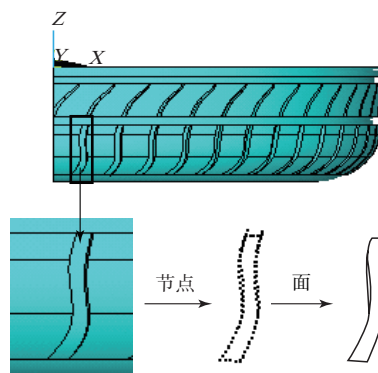


图3 横向沟槽三维建模过程

处,外端宽度减小值大于里端;在处于中间位置的轴向断面2处变形程度最小,即在轮胎与路面挤压过程中,完全处于接地印痕中的花纹沟槽两端的变形程度大,中间的变形程度小。沟槽除了里端和外端宽度变化外,沟槽的深度在静态接触过程也发生了变化,如图8所示。由图8可见,沟槽在不同断面处深度都减小,但变化很小。

沟槽4在不同断面处的宽度和深度变化分别如图9和10所示。由图9可以看出:在同一断面处,外端宽度变化大于里端;在断面4和5处,里端和外端宽度减小,而断面6处的里端和外端宽度却增大,与图10得到的深度变化一样。出现这个现象的原因是轴向断面6没有处于接地印痕处,该处的

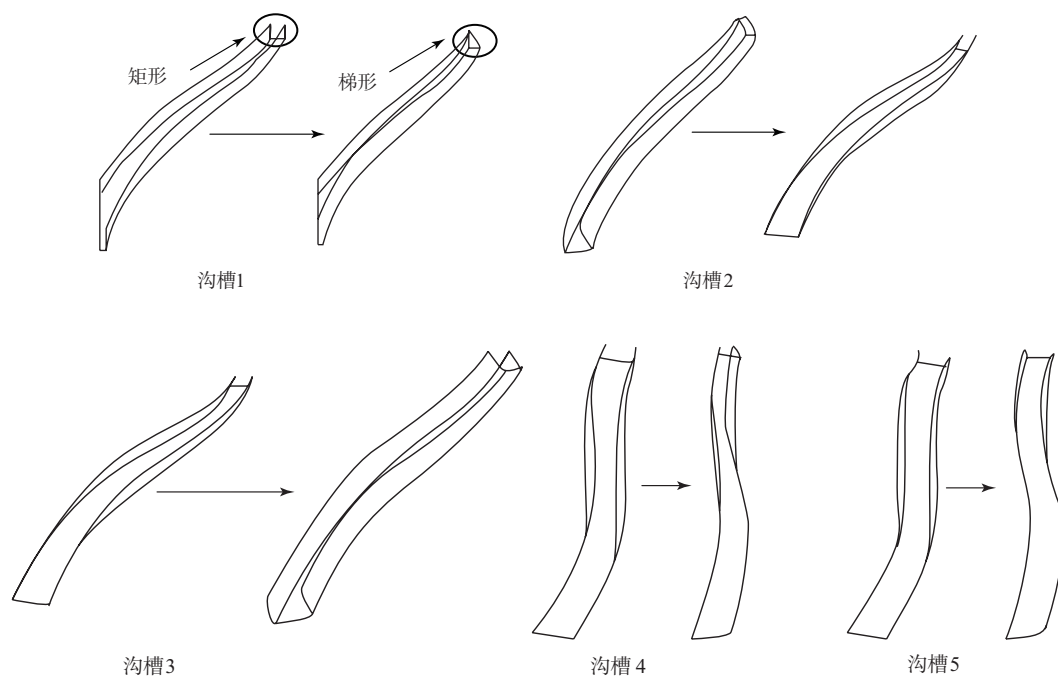


图4 横向沟槽变形示意

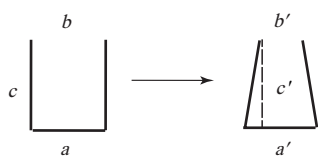


图5 截面变形示意

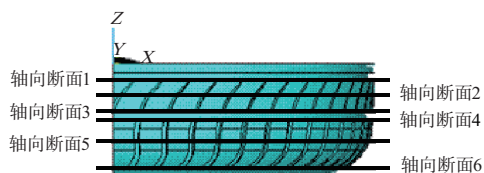


图6 横向花纹沟槽截面划分

压力较小,腔体容积变大,即花纹沟槽里端和外端宽度和深度变大。

2.2.2 周向变化

为了分析在不同的轮胎周向位置横向沟槽的变形特征,将变形后的横向沟槽1,2和3在轴向断面1处的外端、里端、深度变化率进行对比,如表1所示。由表1可见,沟槽1变形程度最大,沟槽3变形程度较小,这是由于横向沟槽1和2处于接地区域正中,受到路面对沟槽的挤压作用较大,横向沟槽3距接地区域稍远,挤压作用相对小一些。对比沟槽4和5在轴向断面4处的变化率可以得出同样

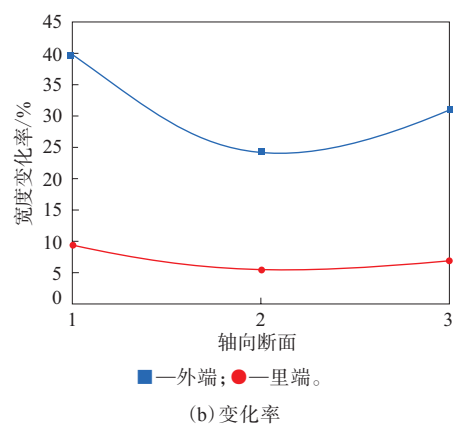
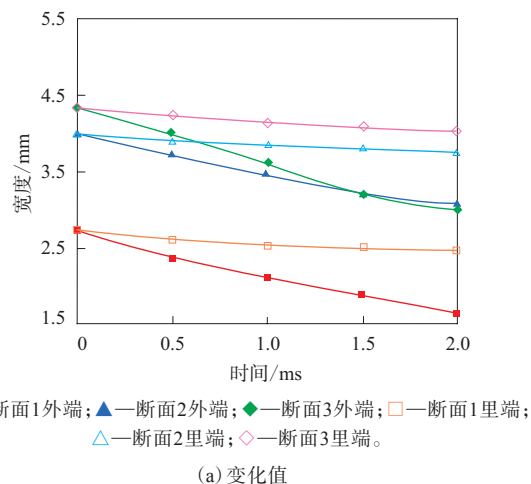


图7 沟槽2在不同断面处的宽度变化

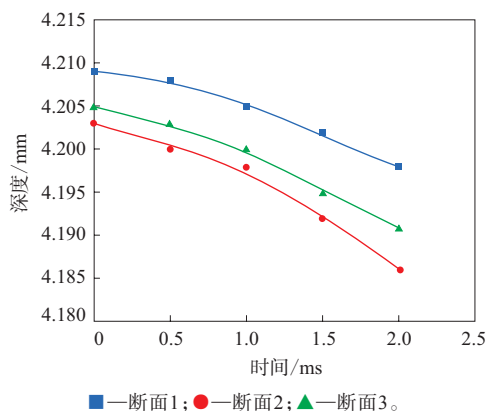


图8 沟槽2在不同断面处的深度变化

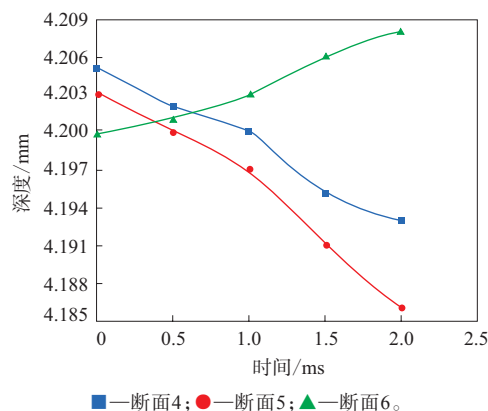
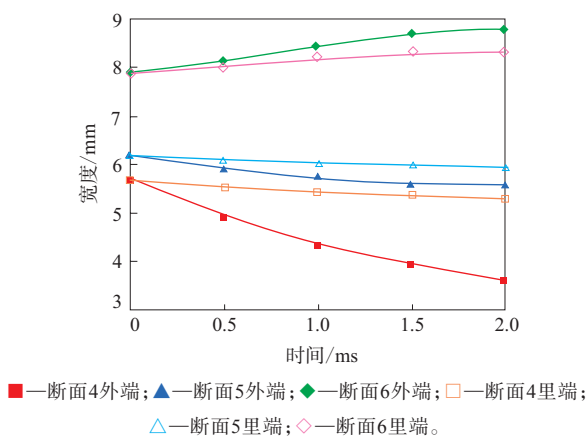
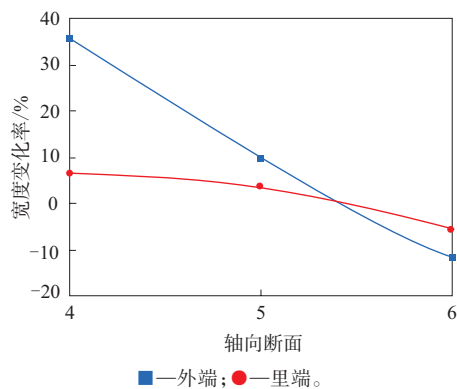


图10 沟槽4在不同断面处的深度变化



(a) 变化值



(b) 变化率

图9 沟槽4在不同断面处的宽度变化

的结论。因此,胎面花纹沟槽沿轮胎周向位置越远离接地区域,形状改变程度越弱,原因是远离接地区域的胎面横向花纹沟槽受到的路面挤压冲击作用较弱。

表1 沟槽1,2和3在断面1处的变化率 %

位置	沟槽1	沟槽2	沟槽3
外端宽度	52.78	39.72	8.65
里端宽度	10.33	9.34	2.16
深度	0.28	0.26	0.21

3 结论

(1) 包含轮胎花纹及沟槽细节模型的使用以及有限元数值模拟平台的结合能够很好地反映轮胎在受力状态下胎面花纹沟槽的变形特性,同时也为轮胎与路面撞击特性的研究提供了依据。

(2) 通过在不同工况下轮胎胎面沟槽的变形特性分析,可以更细致地了解沟槽的变形方式,为后续的泵气效应及噪声研究提供基础,同时也为基于流体的计算提供了有利的边界条件。

参考文献:

- [1] Sandberg U. Tyre/Road Noise-Myth and Realities[A]. Proc. of the 2001 International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering. Hague, Netherlands:2001.
- [2] 于增信,谭惠丰,杜星文. 轮胎花纹噪声研究进展[J]. 哈尔滨工业大学学报,2002,34(1):105-109.
- [3] 程冬冬,刘臣才,束永平. 子午线轮胎自由滚动工况下花纹沟槽体积变化的有限元分析[J]. 橡胶工业,2014,61(11):680-683.
- [4] 胡坚浩. 载重子午线轮胎的网格划分及有限元分析[D]. 上海:东华大学,2011.
- [5] 李福军,吴桂忠. 轮胎花纹沟的发声模拟计算[J]. 轮胎工业,2006,26(4):203-207.
- [6] 周海超,王国林,高龙,等. 轮胎横向花纹沟泵吸噪声仿真研究[J]. 机械科学与技术,2014,33(2):212-216.

收稿日期:2015-10-14

Deformation Characteristics of Tire Tread Groove

TAN Yanwei, XU Yanhai, ZHANG Zhonghua, LIU Qiusheng, CHEN Qi

(Xihua University, Chengdu 610039, China)

Abstract: A radial tire model with detailed groove was established based on actual groove structure, and static contact analysis of the tire was carried out by using the finite element analysis platform. The deformation characteristics of the tread groove during tire ground contact, such as change of shape and dimension, were systematically analyzed and the results provided the base for study of air-pumping noise.

Key words: tire; pattern groove; deformation characteristics; air-pumping noise

联盟轮胎推出380VF高通过性轮胎

中图分类号:TQ336.1;U463.341+.59 文献标志码:D

美国《现代轮胎经销商》(www.moderntiredealer.com)2015年12月16日报道:

联盟轮胎集团(ATG)已经推出一款采用VF(非常高屈挠)技术的轮胎,用于罐车、拖车、特种设备以及农业领域的其他机械。

联盟表示,其新380VF轮胎(见图1)是世界上第1款可用于拖拉机之外的VF高通过性轮胎。与相应的传统子午线轮胎相比,在同样充气条件下,该轮胎的负荷能力提高40%以上,或者承载同样负荷下充气压力降低30%。



图1 380VF轮胎

联盟轮胎美洲公司农业产品经理Trent Wallin声称,在较低的充气压力下,380VF轮胎的接地印痕比相应产品增大25%。较低的充气压力和更大的接地印痕都是减少土壤压实的关键因素,随着设备制造商开发规格更大、更重型的机械设备,在全球范围内农民对此越来越关注。

联盟表示,科学家们已经确定了土壤压实是

“对可持续土地利用的全球威胁”。研究表明,压实的土壤会限制高达70%的作物产量,降低土地储存有价值的水分的能力,导致土壤受侵蚀更大,同时降低耕作的燃料效率。

Wallin说:“联盟是最早生产高通过性轮胎的厂商之一,并率先推出全钢子午线高通过性轮胎。联盟也是第一家生产能在公路上行驶的高通过性轮胎。我们的目标是研发高技术含量轮胎,解决实际问题,并且使其价格能被客户接受。联盟380 VF是个很好的例子!”

Wallin还表示,IF(增大屈挠)和VF轮胎需要复杂的设计以及原材料和制造工艺改进,以使胎侧足够柔韧,在较低充气压力下使用时不会过热。超强的胎圈部位以及其他改善也使IF和VF轮胎成为只有最先进制造商涉及的领域。

联盟轮胎美洲公司市场营销副总裁Bruce Besancon表示,IF/VF轮胎被公认为拖拉机型轮胎,包括联合收割机等机械趋向于使用这类轮胎。但不是所有制造商都研发或营销针对其他农业机械设备的轮胎。

Besancon说:“联盟已经研发成功用于拖拉机之外设备的一些特殊的VF轮胎。我们必须记住,即使拖拉机配套IF或VF轮胎,虽然拖拉机本身并没有压实土壤,但是农民若用其来拉装配标准斜交轮胎的粪罐车或拖车也会压实土壤”。

新联盟380VF高通过性轮胎目前已经上市的规格是较为流行的650/55R26.5和560/55R22.5。

(赵敏摘译 吴秀兰校)