

变节距花纹轮胎的有限元分析

张超,束永平*

(东华大学 机械工程学院,上海 201620)

摘要:以12.00R20全钢载重子午线轮胎原节距花纹为基础,设计出两种新节距花纹。将3种节距花纹以不同的方式进行组合,建立3种变节距花纹轮胎的有限元模型和一个用于结果对比的等节距花纹轮胎的有限元模型。利用Abaqus有限元软件对建立的轮胎有限元模型进行稳态自由滚动工况分析。结果表明,花纹节距对轮胎接地压力和胎体帘线Mises应力有一定的影响,从而为变节距花纹轮胎的设计提供参考。

关键词:变节距花纹轮胎;接地压力;Mises应力;有限元模型

中图分类号:U463.341⁺.6;O241.82 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-8171(2016)06-0327-04

随着人们生活水平的不断提高,汽车数量持续增加,交通噪声问题随之变得越来越突出。轮胎噪声是汽车噪声的一种,当车速超过 $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 时,轮胎噪声成为主要噪声^[1]。降低轮胎噪声的方法之一是降低轮胎花纹噪声,通过改变花纹节距或将多种节距花纹进行组合可以避免噪声在相同频率上发生叠加性加强,从而有效地降低花纹噪声^[2]。但轮胎花纹节距的改变会对胎面胶的接地性能以及胎体帘线Mises应力产生影响。因此,研究变节距花纹轮胎的接地性能以及胎体帘线Mises应力有利于保证轮胎的安全性能,同时可以为变节距花纹轮胎的设计提供参考。

1 轮胎花纹设计

1.1 花纹节距的设计

花纹块的设计主要涉及花纹块的宽度比^[2]。一般轮胎大多含有3个不同节距花纹A、B和C。本研究采用的12.00R20全钢载重子午线轮胎的花纹节距是70.183 2 mm,共有50节花纹,在此称为B节距花纹。在B节距花纹的基础上设计出了节距为87.729 0 mm的A节距花纹和节距为58.486 0 mm的C节距花纹,如图1所示。

本工作所设计的轮胎节距比例符合 $A:B:C \approx 24:21:19$ ^[3]的一般设计要求。

作者简介:张超(1990—),女,山东莱芜人,东华大学在读硕士研究生,主要从事机械设计及理论研究。

*通信联系人

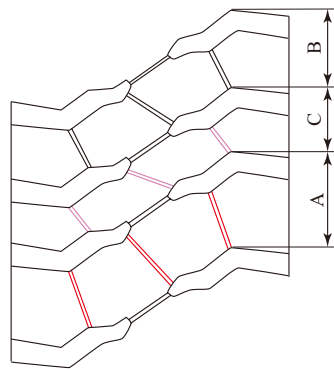


图1 3种节距花纹示意

1.2 不等节距花纹的配置

轮胎整周花纹的组合形式大致有以下3种。

(1)一个大周节中的3种节距花纹重复且按顺序排列^[3],如AAABBBCCCC。

(2)一个大周节中的3种节距花纹只按顺序排列,如ABCABC。

(3)一个大周节中的3种节距花纹的排列没有任何规律,如CABACC。

最后,整个胎面花纹再按照大周节进行循环。本研究的轮胎就是遵循以上原则进行设计,所有轮胎都含有50节花纹,其中3个为变节距花纹轮胎,都是由5个大周节花纹循环组成。轮胎1、2和3大周节的花纹组合方式分别为AABBBBBBCCCC, ABCABCBCBB和BABCBBCACB,即每个轮胎大周节中各含有2个A节距花纹、5个B节距花纹和3个C节距花纹。轮胎4是B节距的等节距花纹轮胎。

2 有限元模型的建立

首先对轮胎主体部分与花纹块部分分别进行建模,最后将两者在Abaqus中合成一个完整的轮胎。这种建模方式除方便以外,还可以对主要研究部分(花纹块)的网格进行细化,得到质量较高的完全六面体网格模型。

2.1 轮胎材料属性

本研究的轮胎带束层和胎体帘线采用的是橡

胶复合材料,其性能表现为各向异性,采用Rebar模型进行模拟^[4];橡胶部分采用的是泊松比较大的弹性材料。橡胶材料参数见表1。

2.2 花纹块建模

花纹部分采用基于类保角映射簇的胎面花纹建模方法^[5],首先建立A,B和C三个节距花纹块,如图2所示。然后分别对3种花纹块进行网格划分,最后依据大周节中各节距花纹的不同组合方式进

表1 橡胶材料参数

项 目	胎面胶	胎肩垫胶	胎侧胶	三角胶	耐磨胶	胎体帘布胶	内衬层	带束层
弹性模量/MPa	16.2	12.5	10.2	16.8	38	26.9	20.6	37.2
泊松比	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.422	0.495	0.422
密度/(Mg·m ⁻³)	1.195	1.195	1.195	1.195	1.195	2.39	1.195	1.195

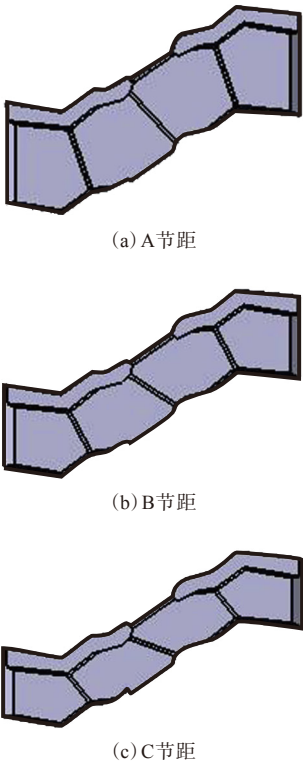


图2 3种节距花纹块示意

行组合,建成3个大周节花纹块。

2.3 轮胎主体建模

首先,将12.00R20全钢载重子午线轮胎CAD图纸中轮胎主体部分进行适当简化并按照材料进行区域划分。为了便于网格划分,在主体图形上添加网格节点,再在hypermesh中依据不同的材料区域进行网格划分,最终输出含有主体网格信息的inp文件。将轮胎主体各部分的材料属性添加到inp文件

中,轮胎主体网格部分的建立完成,如图3所示。

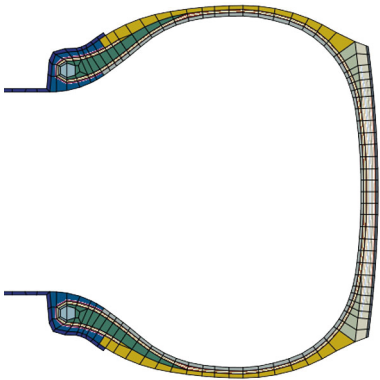


图3 轮胎主体网格

2.4 完整轮胎的建立

共建立3个变节距花纹轮胎和1个等节距花纹轮胎。完整轮胎的建模思想是将已建好的轮胎花纹块与轮胎主体结合在一起,再利用Abaqus中*Symmetric Model Generation旋转生成完整轮胎。变节距花纹轮胎的建模是首先将已建好的轮胎主体部分旋转72°,再与一个大周节的花纹块结合在一起,如图4所示。等节距花纹轮胎的建模是首先将轮胎主体部分旋转7.2°,再与一个B节距花纹块结合在一起,如图5所示。最后将结合在一起的花纹块和轮胎主体一起旋转生成完整的轮胎模型,如图6所示。

3 有限元分析

3.1 滚动工况下的接地压力

稳态自由滚动工况下,变节距和等节距轮胎

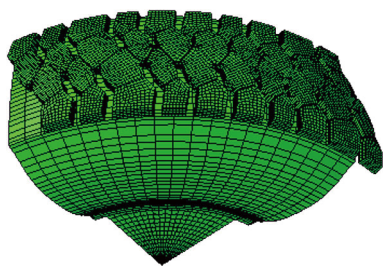


图4 72°变节距轮胎花纹

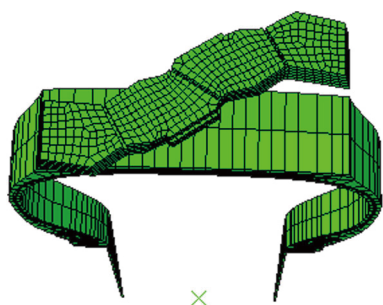


图5 7.2°等节距轮胎花纹

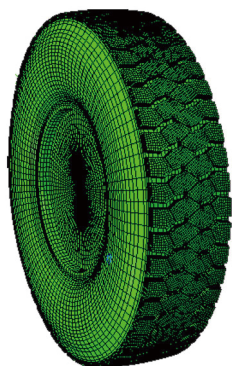
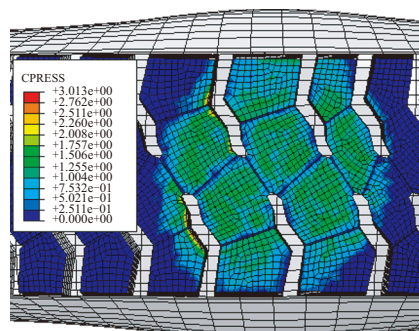


图6 完整轮胎模型

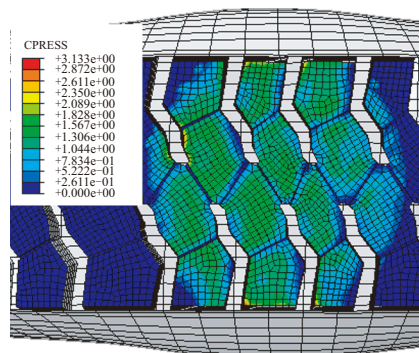
的接地印痕如图7所示。由图7可见:4个轮胎的接地印痕都近似为圆形;3个变节距花纹轮胎的接地压力比等节距花纹轮胎小,其中轮胎1的接地压力最小,因此,轮胎花纹节距的改变,减小了轮胎的接地压力。由于变节距花纹轮胎在滚动过程中与地面接触的花纹节距在不断变化,接地面积也不断变化,因此接地应力也不断变化。

3.2 胎体帘线应力

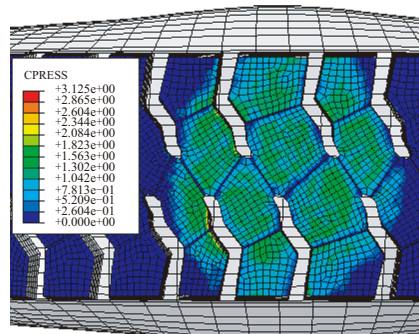
选取胎体帘线在180°子午面内的27个点作为节点集合,如图8所示。在子午面内胎体帘线层采用自然坐标(S),原点设在其对称平面。对比分析稳态滚动工况下,4个轮胎在所示节点集合下的Mises应力分布曲线如图9所示。由图9可知:轮胎胎体帘线层180°子午面内的Mises应力分布不均



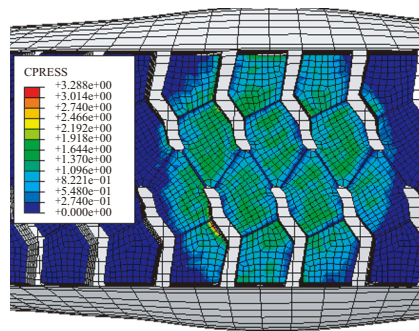
(a) 轮胎1



(b) 轮胎2



(c) 轮胎3



(d) 轮胎4

图7 轮胎接地印痕

匀,且关于中面对称;胎肩部位的Mises应力大,

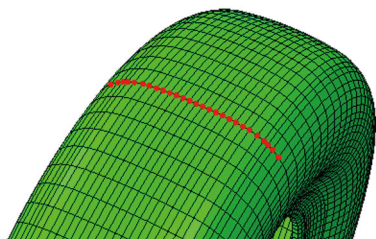


图8 子午面内的节点集合

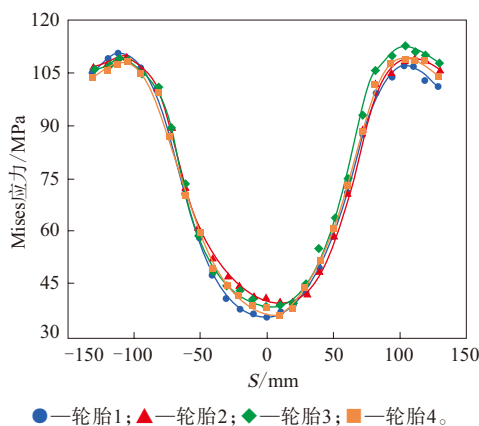


图9 胎体帘线的Mises应力曲线

在中分面部位的Mises应力小;在 S 为0处,轮胎1的Mises应力比轮胎4小,轮胎2和3的Mises应力比轮胎4大。

4 结论

设计了两种节距花纹,与原节距花纹以不同

的方式组合,建立了3个不同的变节距花纹轮胎以及1个用于对比的等节距花纹轮胎的有限元模型,并对轮胎有限元模型进行了稳态滚动工况下的胎体帘布应力和接地性能分析,得到以下结果。

(1)在稳态自由滚动工况下,各轮胎的接地印痕都近似为圆形,与等节距花纹轮胎相比,变节距花纹轮胎接地压力较小。

(2)变节距花纹轮胎1的胎体帘线层 180° 子午面内Mises应力在 S 为0附近比等节距花纹轮胎小,变节距花纹轮胎2和3的Mises应力比等节距花纹轮胎大,说明花纹节距对轮胎的胎体帘线层 180° 子午面内的Mises应力有影响。各轮胎的胎体帘线Mises应力都关于中分面对称,且胎肩部位的胎体帘线Mises应力大于中分面处。

参考文献:

- [1] Heckl M. Tyre Noise Generation[J]. Wear, 1986, 113 (1): 157-170.
- [2] 陈理君,张艳莹,杨立,等.低噪声轮胎花纹设计原理与方法[J].轮胎工业,2001,21(5):270-276.
- [3] 林惠音,王熙平.变节距胎面花纹的计算机辅助设计[J].轮胎工业,1995,15(9):519-523.
- [4] 杨守彬,束长东,束永平,等.带复杂花纹的轮胎有限元分析[J].华东理工大学学报(自然科学版),2011,37(5):650-654.
- [5] 李兵.计及复杂胎面花纹的子午线轮胎结构有限元分析[D].北京:中国科学技术大学,2008.

收稿日期:2015-12-29

Finite Element Analysis of Tire with Variable Pitch Patterns

ZHANG Chao, SHU Yongping

(Donghua University, Shanghai 201620, China)

Abstract: In this study, two new pitch patterns were designed based on the original pitch pattern of 12. 00R20 truck and bus radial tire. The finite element models of three tires with variable pitch patterns which were generated by combination of two new pitch patterns and the original pitch pattern in three different ways were established, and the finite element model of the tire with regular equal pitch pattern was also established for comparison. The four finite element models were analyzed under the free rolling condition of tire by using Abaqus software. The results showed that the tire tread pattern pitch had impact on the contact pressure and the Mises stress, and it provided a useful reference for design of tire tread pattern pitch.

Key words: tire with variable pitch pattern; contact pressure; Mises stress; finite element model