

带复杂花纹的子午线轮胎有限元建模方法

陈海荣, 王国林

(江苏大学 汽车与交通工程学院, 江苏 镇江 212013)

摘要:以 205/50R16 子午线轮胎为研究对象, 研究带复杂花纹轮胎有限元分析模型的建立方法, 并与简单花纹(纵向花纹)轮胎传统有限元建模方法进行对比分析。结果表明, 所建复杂花纹轮胎有限元模型具有良好的精度, 接地分析更精确。

关键词:子午线轮胎; 复杂花纹; 有限元模拟

中图分类号: TQ463.341⁺.6; Q241.82 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-890X(2012)05-0296-04

轮胎是介于车辆和路面之间的陆用车辆的典型结构部件, 同时也是车辆受力的支撑体和各种力的传递部件。随着汽车工业的发展和高速公路的兴建, 对轮胎的高速、安全、节能、耐磨及舒适等性能提出了愈来愈高的要求。事实上, 轮胎与路面的相互作用是通过胎面花纹实现的, 因此胎面花纹对轮胎和车辆性能具有重要影响。

众所周知, 轮胎花纹对轮胎的转向性能、制、驱性能及滚动阻力、磨耗、水滑和噪声特性具有决定性影响。但是在实际轮胎结构和动力学分析建模时, 往往忽略花纹, 使模拟结果与实际情况存在较大差距^[1]。随着计算机和软件的高速发展以及对轮胎分析结果精度要求的提高, 必须考虑花纹的影响。

1 简单花纹与复杂花纹有限元模型对比

简单花纹轮胎二维和三维有限元模型如图 1 和 2 所示。简单花纹三维有限元模型通过二维截面旋转得到。复杂花纹的有限元模型如图 3 所示。鉴于花纹部分的复杂性, 建模时将轮胎分为两部分: 胎面花纹和胎体^[2]。为了充分体现花纹细节部分, 进行有限元分析时胎面花纹部分的网格密度远大于胎体, 因此二者的网格是不匹配的。为此运用 Abaqus 软件中不相匹配的面与面连接运算, 将两者进行装配。本研究对象为 205/50R16 轿车子午线轮胎。

作者简介:陈海荣(1986—), 男, 江苏镇江人, 江苏大学在读硕士研究生, 主要从事子午线轮胎力学分析与研究工作。

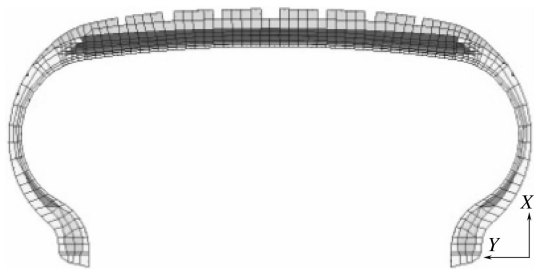


图 1 简单花纹轮胎二维模型

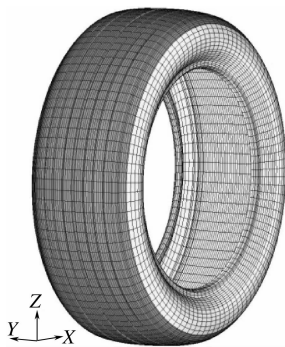


图 2 简单花纹轮胎三维有限元模型



图 3 复杂花纹轮胎三维有限元模型

2 复杂花纹轮胎有限元模型建立

轮胎主要由橡胶和帘线-橡胶复合材料构成, 其中橡胶材料属于近似不可压缩超弹性材料, 本研究选用 Neo-Hooke 本构模型描述橡胶的力学特性^[3], 而帘线-橡胶复合材料属于正交各向异性材料, 利用 Abaqus 软件中的 Rebar 单元模拟。

2.1 胎体模型

胎体部分包括带束层、胎侧、内衬层和钢丝圈等。在 Hypermesh 软件中建立二维胎体网格, 如图 4 所示。然后把得到的二维截面网格旋转成三维实体网格, 如图 5 所示。建立模型选用 CGAX3H 和 CGAX4H 单元。

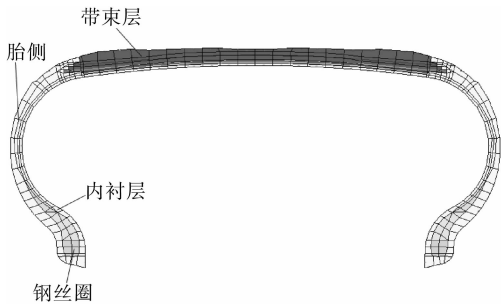


图 4 胎体二维有限元模型

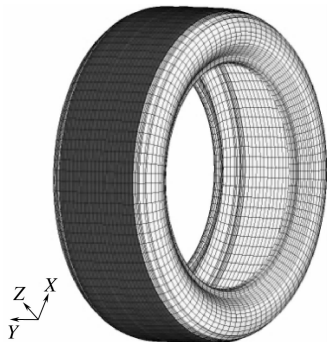


图 5 胎体三维有限元模型

2.2 复杂花纹模型

胎面花纹部分为单一的橡胶材料, 花纹形状在圆周方向呈周期性排列, 因此只需建立一个节距花纹的三维实体模型。本研究根据厂家提供的轮胎 AutoCAD 二维图纸运用 CATIA 三维建模软件进行轮胎花纹三维 CAD 建模。一个节距花纹 CAD 模型如图 6 所示。花纹的底面即为与胎体相配合的表面。

将三维 CAD 模型导入 Hypermesh 软件并进行网格划分, 如图 7 所示; 再将一个节距的花纹有

限元模型沿圆周方向复制旋转, 即可得到完整胎面花纹的三维有限元模型, 如图 8 所示。

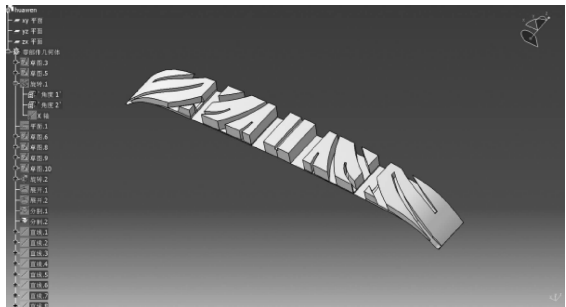


图 6 一个节距的花纹实体模型

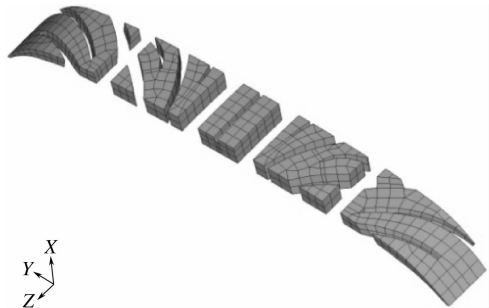


图 7 一个节距的花纹有限元模型

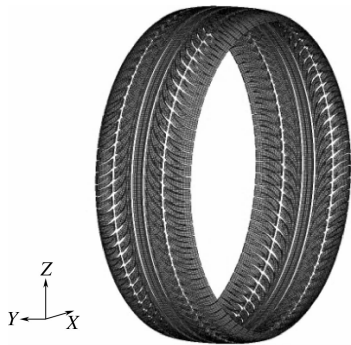


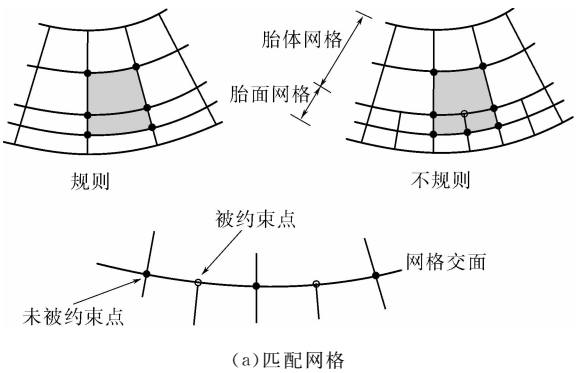
图 8 胎面花纹三维有限元模型

2.3 模型装配

花纹模型与其余部分网格装配需要二者合理匹配。装配时网格匹配问题分下述几种情况, 如图 9 所示。

匹配网格如图 9(a) 所示, 可以再分为规则与不规则网格两种。为了保证节点间位移和应力传递的连续性, 通过合并节点直接使位移连续。

不相匹配的两个网格面之间进行连接如图 9 (b) 所示。由于主节点与从节点关联的复杂性, 必须采用面与面的接触连接计算方法^[4]。



(a)匹配网格

(b)不匹配网格

图9 不同密度网格匹配示意

由于胎面花纹网格密而复杂,而胎体网格相对比较稀少,因此两部分的网格是不相匹配的。本研究利用 Abaqus 软件,选择二者交界面节点,利用 TIE 命令进行两个面节点的连接。

将图 5 和 8 所示两个模型进行装配得到复杂花纹轮胎有限元模型,如图 3 所示。模型的单元数为 198 524,节点数为 186 728。

3 数字模拟仿真计算

为了证明上述方法建立的有限元模型的有效性,利用 Abaqus 软件进行接地印痕和静态接地压力分析,并将模拟分析结果与纵向花纹轮胎模型进行分析比较。分析时轮胎的充气压力为 240 kPa,所加载荷为 4 340 N。

3.1 接地印痕比较

简单纵向花纹轮胎和复杂花纹轮胎接地印痕如图 10 和 11 所示。两模型接地参数计算对比如表 1 所示。通过比较接地印痕长、短轴长度,发现复杂花纹轮胎接地印痕变大,而由于花纹的存在,接地面积相对减小。

简单纵向花纹轮胎和复杂花纹轮胎接地印痕

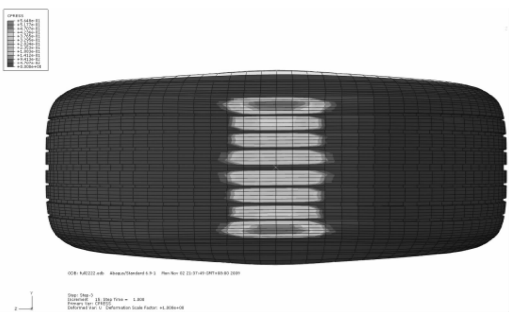


图10 纵向花纹轮胎接地印痕

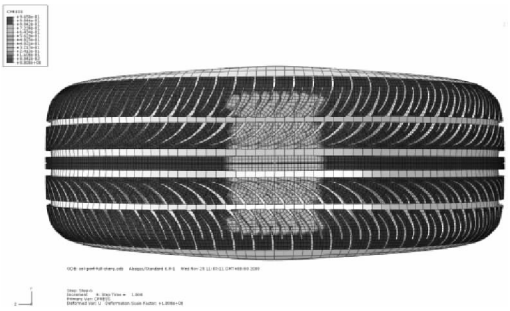


图11 复杂花纹轮胎接地印痕

表1 两模型接地参数计算对比

项 目	纵向花纹	复杂花纹
接触印痕短轴长度/mm	110.62	125.69
接触印痕长轴长度/mm	155.62	168.21
接地印痕面积/mm ²	1.992×10 ⁴	1.332×10 ⁴

以及接地压力分布如图 12 和 13 所示。由图 12 和 13 可以看出,横向接地压力分布大致相同,但由于花纹的影响,相同位置压力值有一定差异。

3.2 仿真时间比较

本模型采用 HP Z800 工作站进行计算,两个模型单元数、节点数和计算时间对比如表 2 所示。由表 2 可以看出,计算时间有较大差异,这主要是由于节点数和单元数不同引起的。

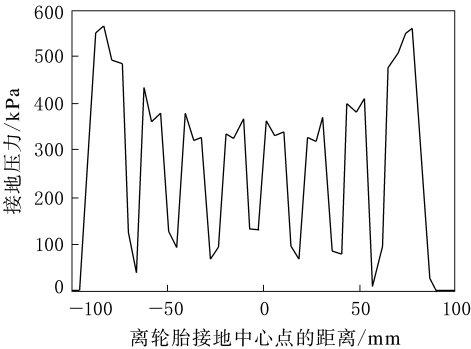


图12 纵向花纹轮胎接地压力分布

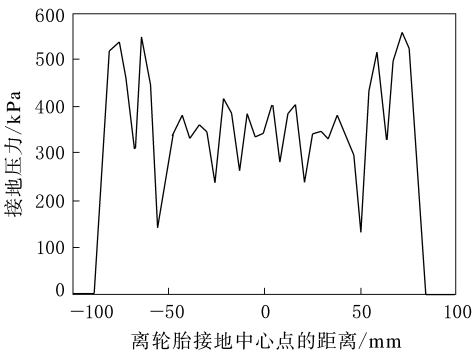


图 13 复杂花纹轮胎接地压力分布

4 结语

在建立轮胎有限元模型时,本研究在传统有限元建模的基础上加了形状复杂的胎面花纹,提出了建立带复杂花纹轮胎有限元模型的方法。通过轮胎静态接地压力分析与纵向花纹轮胎模型相比较可知,复杂花纹轮胎模型接地分析

表 2 两模型单元数、节点数和计算时间对比

项 目	纵向花纹	复杂花纹
单元数	81 400	198 524
节点数	114 909	186 728
计算时间/h	0.4	2.0

效果更好、更精确。

参考文献:

[1] 庄继德. 汽车轮胎学[M]. 北京:北京理工大学出版社,1996.
[2] 颜超,杨卫民. 具有细致花纹块的轮胎网格生成及负荷分析[J]. 轮胎工业,2008,28(11):664-668.
[3] 陈芳,王国林,高先进,等. 载重子午线轮胎帘线受力有限元分析[J]. 橡胶工业,2008,55(2):80-84.
[4] Cho J R, Kim K W, Yoo W S, et al. Mesh Generation Considering Detailed Tread Blocks for Reliable 3D Tire Analysis [J]. Advances in Engineering Software,2004,35:105-113.

第 16 届中国轮胎技术研讨会论文

Finite Element Modeling Method of Radial Tire with Complex Pattern

CHEN Hai-rong ,WANG Guo-lin

(Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: Taking 205/50R16 radial tire as the research object, finite element modeling method of the tire with complex pattern was studied, and compared with a simple pattern (circumferential pattern) tire which was modeled by traditional finite element method. The results showed that the finite element modeling method for the tire with complex pattern had good precision, and the contact analysis was more accurate.

Key words: radial tire; complex pattern; finite element modeling

第六届全国橡胶制品技术研讨会在广州召开

中图分类号:TQ336 文献标志码:D

2012 年 4 月 7—10 日,由中国化学学会橡胶专业委员会和全国橡胶工业信息中心主办、北京橡胶工业研究设计院承办的第六届全国橡胶制品技术研讨会在广州市召开,来自橡胶制品生产企业、相关原材料和设备生产企业以及科研机构的 120 余位代表参加了会议。

本届研讨会内容涉及环保型橡胶助剂研发与应用进展、特种橡胶材料在密封制品中的应用、航

天领域用橡胶制品科技展望、新型分析方法在橡胶制品剖析中的应用、密炼机混炼与质量控制等。

与会代表交流了橡胶制品及相关行业所取得的新成果,探讨了发展新思路。能源、交通行业的持续发展为汽车、轨道交通、煤炭、冶金、机械橡胶制品工业的发展提供了机遇,橡胶制品市场不断扩大,同时对橡胶制品的性能提出了更高要求。会议达成共识:积极开发特种橡胶和新材料、推行节能环保新技术、大力发展循环经济是橡胶制品工业的重中之重。

(本刊编辑部 马 晓 贺年茹)