

基于有限元仿真的轮胎噪声模拟分析

葛超, 张晓鹏, 李亚东, 朱家顺

[特拓(青岛)轮胎技术有限公司, 山东 青岛 266061]

摘要:以225/50R16半钢子午线轮胎为研究对象,采用Abaqus软件,按照真实轮胎静负荷试验工况对其进行模拟分析,得到仿直接地印痕,并进行轮胎噪声模拟。结果表明:仿直接地印痕的长轴、短轴和平均接地压力与实测结果的相对误差在1.5%以内;将仿真印痕参数导入噪声分析软件,80 km·h⁻¹速度下的轮胎噪声模拟计算结果与实测噪声结果的差值在1 dB以内。

关键词:轮胎;有限元仿真;噪声模拟

中图分类号:TQ336.1;U463.341⁺.6;O241.82 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-8171(2016)11-0648-03

近年来,随着欧洲标签法的实施,轮胎噪声已成为轮胎的主要性能指标^[1]。当前,国内部分厂家为了降低轮胎噪声,只能通过实测噪声数据进行反复设计、验证,直至达到标签法的限值要求。这种开发方式费用高,效率低,延长了新产品开发周期。

我公司开发了一款轮胎花纹噪声仿真与优化系统(Pattern Performance Analysis, PPA)。该系统以有限元仿真或者实际试验为基础,对轮胎新产品进行噪声预测及优化。除噪声分析外,该系统还可以对轮胎花纹的不饱和度、胎面口型等进行分析。PPA噪声仿真流程如图1所示。

1 轮胎静负荷下接地印痕仿真

1.1 模型构建

本工作以225/50R16半钢子午线轮胎为研究对象,采用Abaqus软件,考虑轮胎的材料非线性、接触非线性以及大变形等复杂力学特性,建立轮胎三维有限元模型进行模拟分析。

冠带层、带束层以及胎体等复合部位采用rebar嵌入式单元模拟;橡胶部分采用各项同性的不可压缩C3D8H单元表示;根据试验曲线的拟合结果,选用Yeoh超弹性模型^[2-3]描述材料的应力-应变关系;实际施加充气压力和负荷分别为180 kPa和5 900 N。带花纹轮胎的三维有限元模型

作者简介:葛超(1989—),男,山东青岛人,特拓(青岛)轮胎技术有限公司工程师,硕士,主要从事轮胎噪声仿真预测和结构力学性能仿真研究工作。

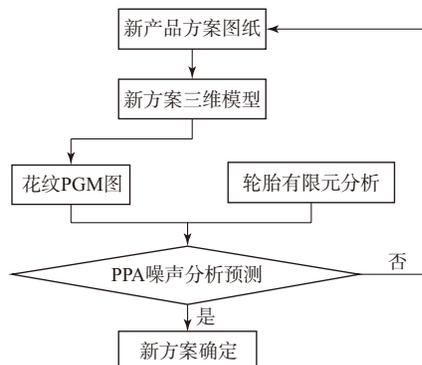


图1 PPA噪声仿真流程

如图2所示。

1.2 结果对比分析

轮胎实测和仿真印痕如图3所示。由图3可见,仿真印痕图像与实测结果相近。

实测与仿真印痕长轴、印痕短轴和平均接地压力数据对比见表1。由表1可见,仿直接地印痕



图2 带花纹轮胎的三维有限元分析模型

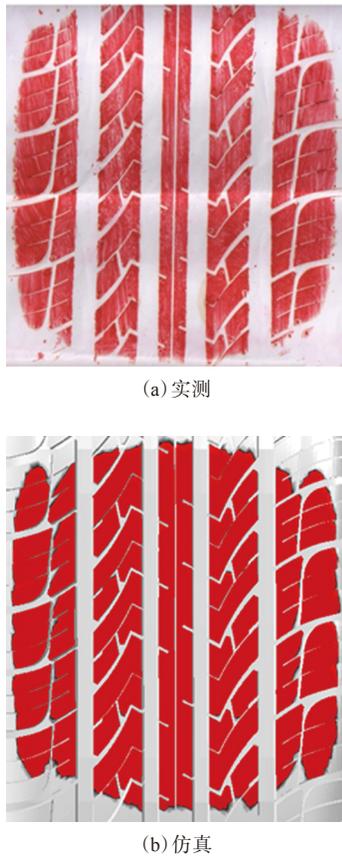


图3 轮胎实测和仿真印痕

表1 实测与仿真数据对比

项 目	试验结果	仿真结果	绝对误差	相对误差/%
印痕长轴/mm	216.2	214.1	-2.1	-1.0
印痕短轴/mm	193.0	191.5	-1.5	-0.8
平均接地压力/kPa	163.2	165.3	2.1	1.3

的长轴、短轴和平均接地压力与实测结果的相对误差在1.5%以内。

2 噪声仿真分析

2.1 输入参数

PPA噪声仿真输入参数包括轮胎滚动速度、滚动方向、阻尼系数、接地印痕后沿衰减系数、轮胎纵向刚性、充气压力及接地压力。轮胎滚动速度和滚动方向可以根据实际工况确定,本次分析速度为 $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,正向旋转;阻尼系数和接地印痕后沿衰减系数根据公司数据库选择;轮胎纵向刚性、充气压力和接地压力采用有限元模拟结果,分别为 $300 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$, 180 kPa 和 165 kPa 。

轮胎胎面花纹的PGM图和接地印痕数据是

PPA仿真分析的两个必要输入条件。PGM图利用公司开发的三维扫描插件扫描三维实体模型获得;接地印痕数据由有限元模拟分析获得。导入印痕形状后的PGM图如图4所示。

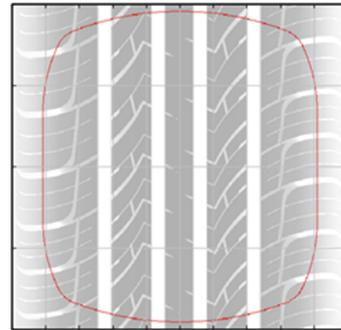


图4 轮胎接地印痕及PGM图

2.2 噪声仿真结果分析与预测

在PPA噪声分析中,采用1/3倍频谱分析噪声的频谱特性,如图5所示。

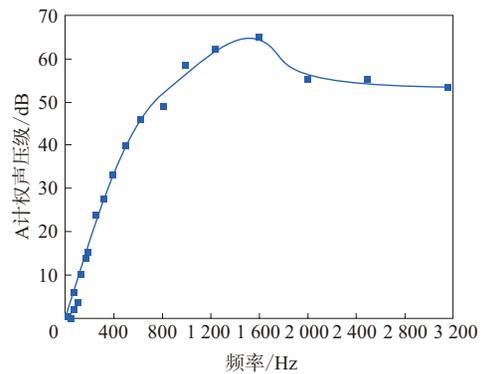


图5 PPA仿真所得1/3倍频谱曲线

根据图5,采用A计权声压级噪声对轮胎通过噪声进行预测。1/3倍频中心频率与对应的A计权网络修正值如表2所示。

A计权声压级的计算公式如下:

$$L_A = 10 \lg \sum_{i=1}^i 10^{0.1(L_i - A_i)}$$

式中, L_A 为噪声源的A计权声压级,dB; L_i 为噪声源的1/3倍频程声压级,dB; A_i 为1/3倍频程A计权网络修正值,dB。

根据式(1)计算225/50R16的A计权声压级,分析预测结果为69 dB,实测值为70 dB。

3 结论

以225/50R16半钢子午线轮胎为研究对象,采

表2 1/3倍频中心频率与对应A计权网络修正值

计数	1/3倍频中心频率/Hz	A计权网络修正值/dB	计数	1/3倍频中心频率/Hz	A计权网络修正值/dB
1	25	44.7	13	400	4.8
2	32	39.4	14	500	3.2
3	40	34.6	15	630	1.9
4	50	30.2	16	800	0.8
5	63	26.2	17	1 000	0
6	80	22.5	18	1 250	-0.6
7	100	19.4	19	1 600	-1.0
8	125	16.1	20	2 000	-1.2
9	160	13.4	21	2 500	-1.3
10	200	10.9	22	3 150	-1.2
11	250	8.6	23	4 000	-1.0
12	315	6.6	24	5 000	-0.5

用Abaqus软件得到真实轮胎静负荷试验工况下的仿直接地印痕,并输入PPA轮胎噪声仿真与优化系统进行轮胎噪声模拟,结果如下。

(1) 仿直接地印痕的长轴、短轴和平均接地压力与实测结果的相对误差在1.5%以内。

(2) PPA仿真分析结果与实测噪声结果差异在1 dB以内。

参考文献:

- [1] 陈理君,钟克洪,李海涛,等. 轮胎花纹噪声仿真与优化系统软件设计[J]. 轮胎工业,2000,20(4):199-203.
- [2] 李亚东,冯希金,田健. 补气保用轮胎结构设计有限元分析[J]. 世界橡胶工业,2014,41(12):21-25.
- [3] 黄建龙,解广娟,刘正伟. 基于Mooney-Rivlin模型的超弹性橡胶材料有限元分析[J]. 橡胶工业,2008,55(8):466-472.

第19届中国轮胎技术研讨会论文

Tire Noise Analysis Based on Finite Element Simulation

GE Chao, ZHANG Xiaopeng, LI Yadong, ZHU Jiashun

[TTA (Qingdao) Tire Technology Alliance Co., Ltd., Qingdao 266061, China]

Abstract: Taking the 225/50R16 steel-belted radial tire as an example, the simulation of tire under static load was carried out by using Abaqus software, and the finite element simulated contact footprint and tire noise were obtained. The results showed that, the relative errors between simulation results and measured results of footprint length, footprint width and average pressure were less than 1.5%. The noise analysis deviation between simulated result and experimental result was within 1 dB at the speed of 80 km · h⁻¹ determined by PPA software.

Key words: tire; finite element simulation; noise simulation

一种轮胎过渡层结构

中图分类号:TQ336.1 文献标志码:D

由江苏通用科技股份有限公司申请的专利(公开号 CN 105774409A, 公开日期 2016-07-20)“一种轮胎过渡层结构”,涉及一种轮胎过渡层结构,包括轮胎过渡层和气密层。轮胎过渡层的两侧对称设置有第一锦纶帘布层和第二锦纶帘

布层,第一锦纶帘布层和第二锦纶帘布层设置于轮胎过渡层中心线40~70 mm处。本发明轮胎过渡层结构简单,设计紧凑,锦纶帘布层的设置有效减少了轮胎胎肩下部曲率半径较小处由于局部应力不均引起的胎里漏钢丝病象,减小了轮胎在使用过程中的U形爆发生率,提高了轮胎的品质。

(本刊编辑部 李静萍)