

轮胎有限元仿真接地印痕边缘提取程序设计

葛超¹, 李亚东¹, 张晓鹏¹, 李红卫¹, 冯金巧^{2,3}

[1. 特拓(青岛)轮胎技术有限公司, 山东 青岛 266061; 2. 山东省计算中心(国家超级计算济南中心), 山东 济南 250101; 3. 山东省计算机网络重点实验室, 山东 济南 250014]

摘要:以245/50R18半钢子午线轮胎为研究对象, 基于拉格朗日线性插值理论, 利用Python程序语言进行轮胎力学仿真分析结果后处理程序的开发, 提取轮胎有限元仿真的接地压力和接地印痕边缘等相关分析数据, 输出为花纹性能分析软件所需要的XML印痕文件, 实现了轮胎力学有限元分析与轮胎花纹性能分析的数据集成。

关键词:轮胎; 拉格朗日线性插值; 接地压力; 接地印痕边缘提取; 噪声; 有限元分析; 花纹性能分析

中图分类号: TQ336.1⁺1; O241.82

文章编号: 1006-8171(2019)02-0073-04

文献标志码: A

DOI: 10.12135/j.issn.1006-8171.2019.02.0073

影响轮胎噪声的因素很多, 包括轮胎的结构、花纹、帘线材料和胎面胶等^[1-2]。本研究以245/50R18半钢子午线轮胎为研究对象, 基于拉格朗日线性插值理论, 利用Python程序语言进行轮胎力学仿真分析结果后处理程序的开发, 提取轮胎有限元仿真的接地压力和接地印痕边缘等相关分析数据, 输出为花纹性能分析(Pattern Performance Analysis, PPA)软件所需要的XML印痕文件, 可以实现有限元与PPA的联合仿真, 在设计初期综合考虑花纹、结构和材料等因素对噪声的影响。

1 程序设计整体流程

基于有限元仿真印痕的噪声仿真流程如图1所示, 可以实现“花纹-轮胎结构”并行设计。有限元仿真接地印痕边缘提取程序流程如图2所示。完成轮胎接地印痕仿真后, 利用该边缘提取程序提取出符合精度要求的印痕边缘, 并且可以自动生成PPA噪声分析所需的XML文件。

2 有限元仿真印痕数据细化与提取程序算法

2.1 判断细化节点是否在某个胎面拉格朗日单元内的算法

引用参考文献[3]的方法, 假设拉格朗日单元

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。

E-mail: od0019@tta-solution.com

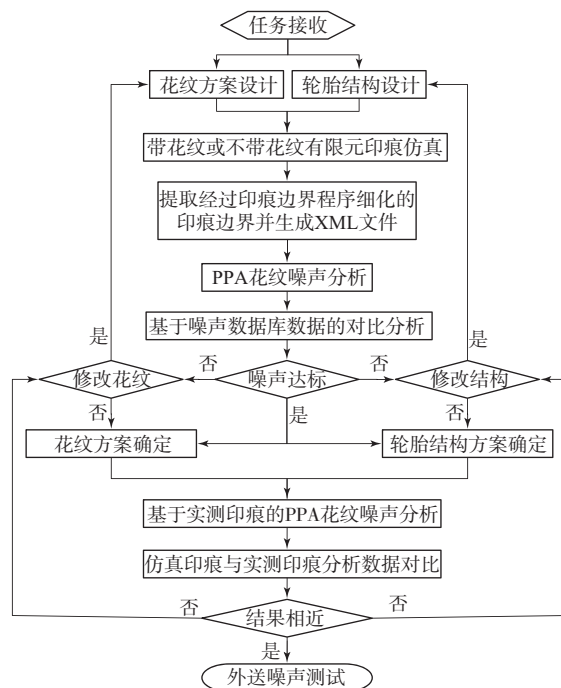


图1 基于有限元仿真印痕的噪声仿真流程

为四边形, 单元节点顺序为逆时针方向。细化节点 P 在拉格朗日单元外部的4种位置如图3所示, 即分别在四边形的下、右、上、左侧。以图3中节点 P 在下侧为例, 设节点1和2连线的直线方程为

$$\text{JudgeA1} \times x + \text{JudgeB1} \times y + \text{JudgeC1} = 0$$

则3个系数分别为

$$\text{JudgeA1} = y_2 - y_1$$

$$\text{JudgeB1} = x_1 - x_2$$

$$\text{JudgeC1} = x_2 y_1 - x_1 y_2$$

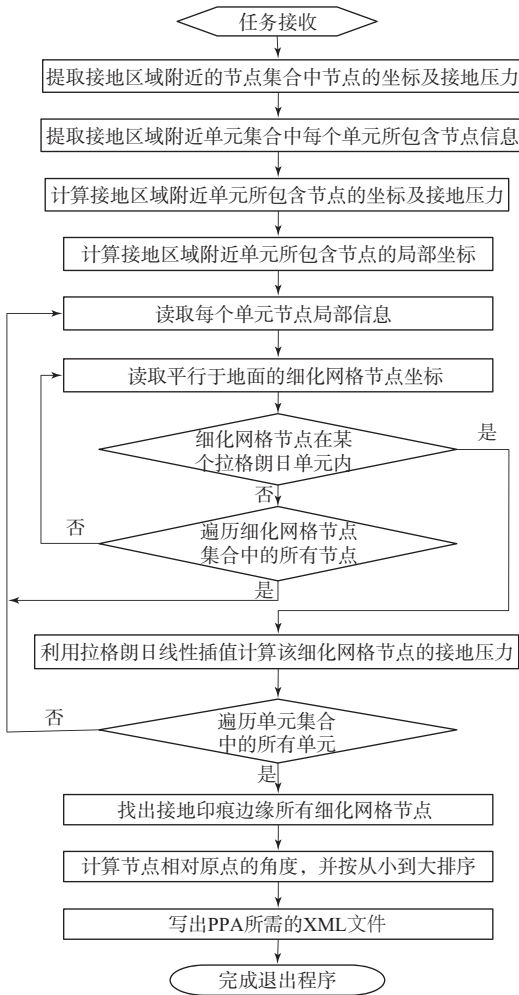
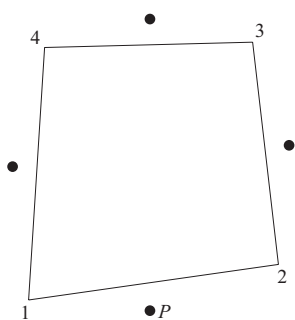


图2 程序执行流程

图3 细化节点 P 在拉格朗日单元的4种位置示意

节点 P 的坐标为 (x_p, y_p) ,则过节点 P 且平行于直线12的方程为

$$\text{Judge}dp1 = \text{Judge}A1 \times x_p + \text{Judge}B1 \times y_p + \text{Judge}C1$$

根据平面解析几何的相关原理,可得

$$\text{Judge}dp1 = \text{Judge}A1 \times x_p + \text{Judge}B1 \times y_p + \text{Judge}C1 < 0, \text{节点}P \text{在直线}12 \text{上侧};$$

$$\text{Judge}dp1 = \text{Judge}A1 \times x_p + \text{Judge}B1 \times y_p + \text{Judge}C1 = 0, \text{节点}P \text{在直线}12 \text{上};$$

$$\text{Judge}dp1 = \text{Judge}A1 \times x_p + \text{Judge}B1 \times y_p + \text{Judge}C1 > 0, \text{节点}P \text{在直线}12 \text{下侧}。$$

同理,可以判定节点 P 与直线23的关系:

$$\text{Judge}dp2 = \text{Judge}A2 \times x_p + \text{Judge}B2 \times y_p + \text{Judge}C2 < 0, \text{节点}P \text{在直线}23 \text{左侧};$$

$$\text{Judge}dp2 = \text{Judge}A2 \times x_p + \text{Judge}B2 \times y_p + \text{Judge}C2 = 0, \text{节点}P \text{在直线}23 \text{上};$$

$$\text{Judge}dp2 = \text{Judge}A2 \times x_p + \text{Judge}B2 \times y_p + \text{Judge}C2 > 0, \text{节点}P \text{在直线}23 \text{右侧}。$$

节点 P 与直线34的关系:

$$\text{Judge}dp3 = \text{Judge}A3 \times x_p + \text{Judge}B3 \times y_p + \text{Judge}C3 < 0, \text{节点}P \text{在直线}34 \text{下侧};$$

$$\text{Judge}dp3 = \text{Judge}A3 \times x_p + \text{Judge}B3 \times y_p + \text{Judge}C3 = 0, \text{节点}P \text{在直线}34 \text{上};$$

$$\text{Judge}dp3 = \text{Judge}A3 \times x_p + \text{Judge}B3 \times y_p + \text{Judge}C3 > 0, \text{节点}P \text{在直线}34 \text{上侧}。$$

节点 P 与直线41的关系:

$$\text{Judge}dp4 = \text{Judge}A4 \times x_p + \text{Judge}B4 \times y_p + \text{Judge}C4 < 0, \text{节点}P \text{在直线}41 \text{右侧};$$

$$\text{Judge}dp4 = \text{Judge}A4 \times x_p + \text{Judge}B4 \times y_p + \text{Judge}C4 = 0, \text{节点}P \text{在直线}41 \text{上};$$

$$\text{Judge}dp4 = \text{Judge}A4 \times x_p + \text{Judge}B4 \times y_p + \text{Judge}C4 > 0, \text{节点}P \text{在直线}41 \text{左侧}。$$

由上述可知,当同时满足下列4个条件时,节点 P 在该拉格朗日单元内:

$$\text{Judge}dp1 = \text{Judge}A1 \times x_p + \text{Judge}B1 \times y_p + \text{Judge}C1 < 0$$

$$\text{Judge}dp2 = \text{Judge}A2 \times x_p + \text{Judge}B2 \times y_p + \text{Judge}C2 < 0$$

$$\text{Judge}dp3 = \text{Judge}A3 \times x_p + \text{Judge}B3 \times y_p + \text{Judge}C3 < 0$$

$$\text{Judge}dp4 = \text{Judge}A4 \times x_p + \text{Judge}B4 \times y_p + \text{Judge}C4 < 0$$

根据上述条件可以判定细化节点与拉格朗日单元间的关系,然后利用拉格朗日线性插值原理计算某个拉格朗日单元内细化节点的接触压力。

2.2 基于拉格朗日线性插值的细化节点接地压力计算算法

细化节点与胎面四边形单元等参数如图4所

示。已知条件为: J_1, J_2, J_3 和 J_4 四个节点组成胎面四边形单元及四点的坐标和接地压力;点 (P_2, Q_2) 和点 (P_4, Q_4) 分别为直线 J_2J_3 和直线 J_4J_1 的中点;点 P 为细化节点,在胎面四边形单元内,其坐标为 (x_p, y_p) ;直线 J_2J_3 的方程的上节已求出(JudgeA2, JudgeB2和JudgeC2);直线 J_4J_1 的方程的3个系数在上节已求出(JudgeA4, JudgeB4和JudgeC4)。需要求解的是点 M 和 N 的坐标和接地压力及点 P 的接地压力。线性插值计算接地压力流程如图5所示。

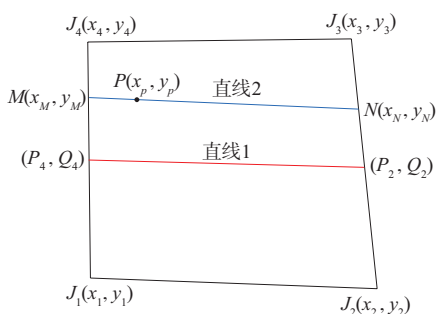


图4 细化节点与胎面四边形单元等参数示意

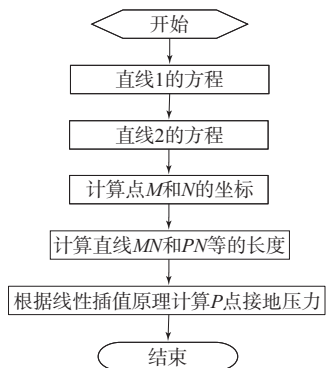


图5 线性插值计算接地压力流程

3 程序运行结果

以245/50R18半钢子午线轮胎为研究对象的程序运行结果如图6—8所示。

由图6—8可以看出,以拉格朗日线性插值理论为基础,基于Python程序语言开发的轮胎力学仿真分析结果的后处理程序可以提取轮胎有限元接地印痕仿真的接地压力和接地印痕边缘等相关分析数据,并输出PPA噪声分析所需要的XML印痕文件,印痕边缘的识别精度满足PPA使用要求,实现了轮胎力学有限元分析与轮胎花纹性能分析的

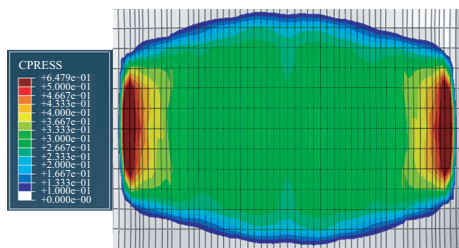


图6 有限元仿真印痕和接地压力分布

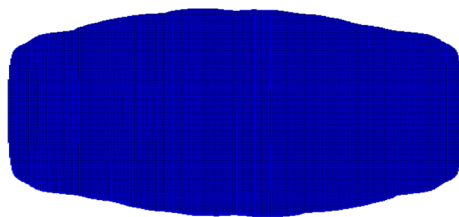


图7 通过插值计算所得印痕区域

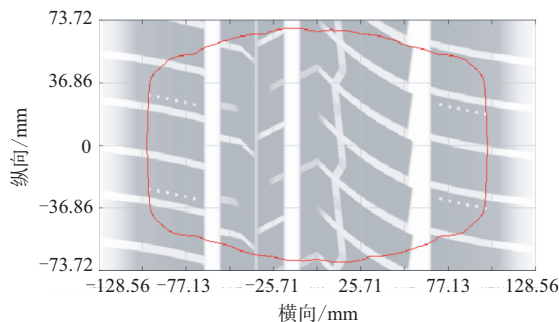


图8 提取插值计算印痕边缘并导入PPA中显示的效果数据集集成。

4 结语

基于拉格朗日线性插值理论,利用Python程序语言开发的轮胎力学仿真分析结果后处理程序可以直接生成PPA所需的印痕文件,提高了仿真效率及印痕边缘的识别精度,满足PPA使用要求。

通过该程序可以实现在轮胎设计初期综合考虑花纹和结构等对轮胎噪声的影响,实现“花纹—轮胎结构”并行设计。

参考文献:

- [1] 陈霞. 轮胎噪声分析评价及试验研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2012.
- [2] 王琦, 翟辉辉, 周海超, 等. 带束层结构参数对轮胎振动噪声的影响分析[J]. 橡胶工业, 2018, 65(5): 490-494.
- [3] 冯希金. 卡车子午线轮胎振动噪声仿真技术研究[D]. 北京: 清华大学, 2015.

收稿日期: 2018-08-27

Design on Extraction Program of Footprint Edge from Tire Finite Element Simulation

GE Chao¹, LI Yadong¹, ZHANG Xiaopeng¹, LI Hongwei¹, FENG Jinqiao^{2,3}

[1. TTA (Qingdao) Tire Technology Alliance Co., Ltd, Qingdao 266061, China; 2. Shandong Computer Science Center (National Supercomputer Center in Jinan), Jinan 250101, China; 3. Shandong Provincial Key Laboratory of Computer Networks, Jinan 250014, China]

Abstract: Taking 245/50R18 steel-belted radial tire as the object, the post-processing program of tire mechanics simulation results was developed by Python language based on Lagrange linear interpolation theory. The relevant data of the tire finite element analysis were extracted, such as the contact pressure, footprint profile and so on. The output file was XML file that could be directly used in Pattern Performance Analysis software. The data integration of tire mechanics finite element analysis and tire pattern performance analysis was achieved.

Key words: tire; Lagrange linear interpolation; contact pressure; footprint edge extraction; noise; finite element analysis; pattern performance analysis

三明化机双模硫化机节能提效

福建省三明化工机械厂(以下简称三明化机)研制生产的LLP-B1815×7500×2型工程机械轮胎双模定型硫化机顺利通过福建省首台(套)重大技术装备和智能制造装备现场专家评审。

据介绍,该设备由三明化机自主研发制造,在原理、结构、性能和功能等方面有重大创新突破,并拥有自主知识产权。设备整机强度和刚性不仅满足机器要求,也满足轮胎硫化生产工艺要求,在提效节能方面可以为用户缩短生产时间,比使用硫化罐生产节能30%以上;其采用两半模生产大规格的工程机械子午线轮胎,比单模硫化机生产效率提高1倍以上。

该机型拥有六大创新亮点,整体达到国内领先水平。一是抓胎装置的刚性、稳定结构设计,双立柱垂直的快速调整机构;二是中心机构采用直推式结构,实现中心机构与脱模机构一体化,可自动设置定型高度;三是翻转卸胎改进了流程,避免轮胎滚入滚道架时的冲击;四是采用电动调模后充气装置,减小下夹环顶杆的承重,减小变形和工作强度;五是采用全新滚道翻转的方式转运成品轮胎;六是轮胎的翻转状态由水平转为垂直。

福建省首台(套)重大技术装备和智能制造装备认定由福建省经济和信息化委员会组织实施,

旨在推动企业自主设计制造和推广应用能力,促进装备制造业高端化发展。

(摘自《中国化工报》,2018-12-12)

赛轮公司拟在越南设合资公司

赛轮集团股份有限公司(以下简称赛轮公司)2018年12月13日发布公告,其全资子公司赛轮越南与固铂越南签署合资合同,拟在越南成立合资公司。

该公司合同总投资额为2.8亿美元,合资公司注册资本为1.4亿美元。其中,赛轮越南出资9 100万美元,持有65%股权;固铂越南出资4 900万美元,持有35%股权。合资公司的设计年产能240万条全钢子午线轮胎。这已是赛轮公司与固铂公司2018年以来的第2次合作。2018年9月,赛轮公司发布公告,以2.2亿元收购青岛易元投资持有的青岛格锐达橡胶有限公司35%股权,而格锐达另外65%股权的持有者正是固铂公司。

赛轮公司表示,此次合资将有利于提升公司的技术水平及品牌影响力,扩大公司在越南的生产规模,增强公司应对国际贸易壁垒的能力,对公司业绩的稳定增长、提升产品的综合竞争力都将产生积极影响。

(摘自《中国化工报》,2018-12-17)