

轮胎断面面积变化率计算程序的开发

李亚东, Siegfried Ratzeburg, 葛超, 邵坤, 张晓鹏

[特拓(青岛)轮胎技术有限公司, 山东 青岛 266061]

摘要:介绍轮胎滚动状态下断面面积变化率计算程序的开发。基于C#和Python程序语言,利用轮胎的有限元模型,通过空间向量和任意多边形面积计算得到轮胎断面面积的方法,开发出可提取轮胎模型分析数据并自动计算轮胎断面面积变化率的有限元后处理桌面程序,极大地提高了不同方案轮胎断面面积变化率分析的工作效率。

关键词:轮胎;空腔噪声;断面面积变化率;有限元后处理;Python语言;程序开发

中图分类号:U463.341;TQ336.1;O241.82

文献标志码:B

文章编号:1006-8171(2020)05-0271-02

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2020.05.0271



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

在汽车行驶过程中,由于轮胎空腔共振产生的噪声会使驾乘人员产生非常不适的感觉。随着消费者对乘车舒适性要求的不断提高,轮胎空腔噪声的优化逐渐引起技术人员的关注。

根据对轮胎空腔噪声的研究可知^[1-4],轮胎空腔噪声的频率范围为200~250 Hz,空腔断面面积变化率越大,空腔共振噪声的降低效果越好,但是对轮胎的其他性能会产生不利影响。

轮胎在滚动过程中的断面面积变化率难以精确测量,本工作采用有限元分析方法模拟轮胎的稳态滚动状态,并通过自主开发的后处理程序分析轮胎的断面面积变化率。

1 程序的工作流程及开发思路

程序具体工作流程如图1所示。其最终目标是通过分析不同设计方案轮胎滚动状态下的断面面积变化率曲线和数据生成分析报告,为设计人员进行方案筛选提供参考依据。

程序的开发思路是通过C#语言开发Windows的可视化界面,程序后台通过Abaqus软件针对Python语言的接口获取ODB文件中分析人员需要的结果数据,将数据提取到软件的后台进行后处理工作^[5]。

作者简介:李亚东(1989—),男,山东莱西人,特拓(青岛)轮胎技术有限公司工程师,硕士,主要从事轮胎结构力学仿真、桌面程序开发及二次开发工作。

E-mail:od0019@tta-solution.com

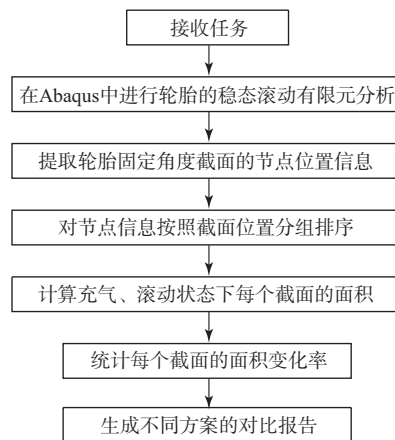


图1 程序工作流程

2 轮胎断面面积算法

2.1 空间向量的向量积

在空间,将具有大小和方向的量称为向量。空间向量积的直角坐标运算规律如下:

若 $\vec{a} = (a_x i, a_y j, a_z k)$, $\vec{b} = (b_x i, b_y j, b_z k)$

则 $\vec{a} \times \vec{b} = |\vec{a}| |\vec{b}| \sin \theta$

式中, θ 表示两个向量之间的夹角 ($0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$), 它位于这两个向量所定义的平面上。为了便于计算,将 $\vec{a} \times \vec{b}$ 转换为直角坐标系坐标来运算:

$$\vec{a} \times \vec{b} = (a_y b_z - a_z b_y) i + (a_z b_x - a_x b_z) j + (a_x b_y - a_y b_x) k \quad (1)$$

为了帮助记忆,利用以下三阶行列式:

$$\begin{vmatrix} i & j & k \\ a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \end{vmatrix} \quad (2)$$

式中, $i=(1,0,0)$, $j=(0,1,0)$, $k=(0,0,1)$, 根据 i, j, k 之间的关系得出:

$$\vec{a} \times \vec{b} = (a_y b_z - a_z b_y, a_z b_x - a_x b_z, a_x b_y - a_y b_x) \quad (3)$$

2.2 任意多边形面积的计算

多边形面积最基础的计算方法是剖分法, 即将不规则的多边形分成若干个三角形, 然后利用向量积法求每个三角形的面积。

向量积的模(长度)可以理解为以 a 和 b 为邻边的平行四边形的面积。例如求三角形 $P_1 P_2 P_3$ 的面积(S), 令 $\vec{P_1 P_2} = (a_x i, a_y j, a_z k)$, $\vec{P_1 P_3} = (b_x i, b_y j, b_z k)$, 根据向量积的定义, 可得到:

$$S = |\vec{P_1 P_2} \times \vec{P_1 P_3}| / 2 \quad (4)$$

带入式(3)可得到:

$$S = [(a_y b_z - a_z b_y)^2 + (a_z b_x - a_x b_z)^2 + (a_x b_y - a_y b_x)^2]^{1/2} / 2 \quad (5)$$

由于向量积求出的是有向面积, 因此在运用该算法前需要将轮胎的截面节点按照逆时针方向排序, 防止出现计算错误。

3 程序运行过程及结果示例

以215/45R17半钢子午线轮胎为研究对象, 程序的具体工作流程界面如图2—4所示。在Windows桌面环境下运行该程序, 整个工作流程大约需要5 min, 节省了技术人员去ODB中进行数据提取、计算及制作分析报告的时间。

4 结语

在轮胎产品的设计开发过程中, 可以充分利

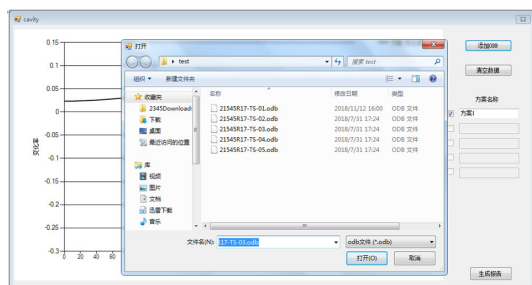


图2 筛选ODB文件界面

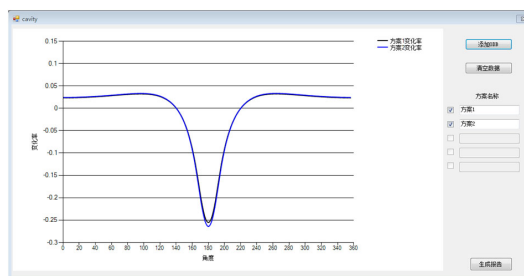


图3 对比面积变化率曲线界面

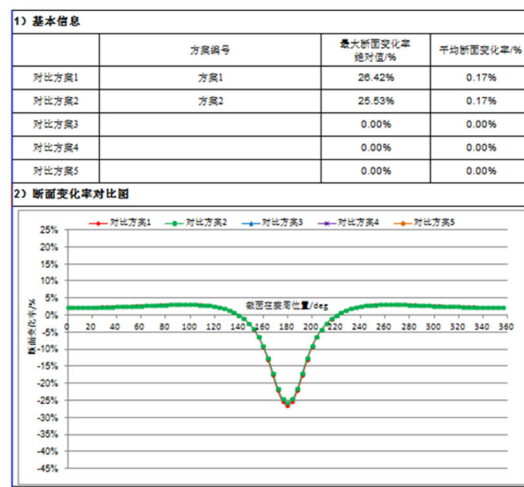


图4 生成分析报告界面

用计算机辅助工具来模拟轮胎实际使用中难以测试的技术指标, 设计人员可以根据自己的理论体系自主开发辅助工具, 能够有效提高仿真工作的效率和灵活性。

参考文献:

- [1] 于学华. 轮胎空腔共振噪声的改进方法[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2009, 37(7): 90-93, 105.
- [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] 刘程, 田程, 张新峰, 等. C1类轮胎滚动噪声测试研究[J]. 橡胶工业, 2019, 66(5): 382-387.
- [4] 朱家顺, 葛超, 张晓鹏, 等. 基于TTA噪声数据库的花纹噪声仿真分析[J]. 轮胎工业, 2018, 38(6): 323-327.
- [5] 曹金凤, 王旭春, 孔亮. Python语言在Abaqus中的应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.

收稿日期: 2019-11-29

声明: 《轮胎工业》《橡胶工业》《橡胶科技》期刊刊登的一切内容未经许可不得擅自使用和转载, 经许可转载的必须注明来源, 否则将追究法律责任。欢迎一切诚信友好的合作。