

轿车轮胎花纹噪声微机仿真及评价 (TPNSA) 软件包介绍

董 芹 杨光大
[上海轮胎橡胶(集团)股份有限公司 200082]
陈理君
(武汉工业大学 430070)

摘要 借助于物理试验和计算机仿真技术建立了轿车轮胎花纹噪声物理数学模型,确定了轮胎花纹噪声的一种仿真评价方法。对不同花纹噪声仿真分析的结果表明,根据此方法研制的仿真及评价软件包具有较好的应用效果,所得结果与其它理论和实践经验相一致。

关键词 轮胎,花纹噪声,微机仿真,频谱分析

随着高速公路迅速发展、汽车速度大大提高,降低轮胎噪声已引起国内外的重视,这是因为当车速高于 $45 \sim 55 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 时,轮胎噪声就成为轿车和轻型载重车噪声中的主要成分^[1]。一些汽车生产厂家在选用配套轮胎时,已将噪声列入考核的主要项目之一。近年来,我国有的轮胎生产厂家为了生产出低噪声轮胎,将轮胎花纹设计图纸寄到国外有关的轮胎测试中心做仿真试验,耗资巨大。国外这类仿真系统(包括硬件和软件)属专利产品,在技术上保密,因此,对轮胎噪声的研究意义重大。为此,我们编制了“轿车轮胎花纹噪声微机仿真及评价(Passenger Car Tire Pattern Noise Simulation & Assessment,简称 TPNSA) ”软件包,并于近年投入运行,效果令人满意,现简介如下。

1 轮胎花纹噪声模型

1.1 轮胎噪声分类

按照噪声产生的原因不同,轮胎噪声可分为:

(1) 花纹槽腔体中空气被挤压、抽吸和释

- 放产生的噪声(air pumping);
- (2) 花纹块撞击地面所产生的撞击噪声(squelch);
- (3) 高速行驶时轮辋振动产生的轮振噪声(thump);
- (4) 轮胎滚动时对空气的扰动和切割造成的噪声(cut noise);
- (5) 因路面振动而产生的噪声(road noise);
- (6) 轮胎在地面上高速滚动时由于摩擦产生的噪声(friction noise)。

其中与胎面花纹有关的主要噪声为(1)和(2)两类。

1.2 建模假设

假定同一规格、相同材料轮胎在相同负荷及充气压力下,在同一准光滑路面上以相同线速度匀速转动(速度 $v > 65 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$),比较不同胎面花纹的近场噪声的情况。

1.3 数学模型

该模型基于“整周胎面噪声由胎面中的一个个设计单元噪声叠加而成”的原则^[2]。具体地,将一个轮胎胎面几何图形用一个 $m \times n$ 矩阵来表示, m 表示绕圆周一周的行数, n 代表越过胎面宽所占的列数。该矩阵称为二进制胎面矩阵,用 $b(i, j)$ 表示第 i

作者简介 董芹,女,28岁。计算机硕士。工程师。从事轮胎花纹噪声研究及仿真软件开发工作。

行、第 j 列的元素:

$$b(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{胎面元素(花纹块)} \\ 0 & \text{空白(花纹槽)} \end{cases}$$

这样,一个连续的胎面几何图案经过采样转换变成了离散的阵列图。为了能对一组花纹方案进行噪声评价,我们对所有花纹方案采用统一的采样间距。

二进制矩阵中第 (i, j) 花纹块元素产生的声音表示为一个周期函数:

$$P_b(i, j; t \pm kT) = P_b(i, j; t) = S\{b(ij)\} \\ (1 \leq i \leq m; 1 \leq j \leq n; k \geq 0)$$

式中, T 指汽车某一速度下的轮胎转动周期, S 由试验拟合得到。

另外,胎面花纹槽的“air pumping”噪声,除参数作必要的修改外,其它类似于对花纹块的处理方法。

最后,轮胎花纹噪声的仿真模型为:

$$P(t) = b_1 \sum_i \sum_j P_b(i, j; t) + \\ b_2 \sum_i \sum_j P_g(i, j; t) + \\ b_3 \sum_i \sum_j P_s(i, j; t)$$

式中, $P_b(i, j; t)$ 为花纹块(block)发出的噪声, $P_g(i, j; t)$ 为花纹槽(groove)发出的噪声, $P_s(i, j; t)$ 为光面胎(smooth)噪声(光面胎沙声+胎体振颤噪声), $b_i (i=1, 2, 3)$ 为各类声源的权系数,速度越高, b_2 越大。

2 噪声分析及评价方法

对各种轿车轮胎花纹进行噪声评价,一种有效的方法就是对噪声进行频谱分析,也就是将噪声的声压级或声功率级按频率顺序展开,使噪声强度成为频率的函数并考察其波形。TPNSA 系统是运用快速傅里叶变换技术(简称 FFT)将噪声频率展开的。我们采用 Cooley Turkey 算法。

声学工作人员的大量研究表明, A 计权比较接近人耳所接收声音的响度, A 计权总声级不仅反映了噪声的客观特性,而且也兼顾了人的心理和生理等主观因素,目前在噪

声控制中,广泛采用 A 计权总声级作为噪声评价的主要指标。因此,本软件包也以 A 计权总声级作为轮胎花纹噪声的主要评价指标。

1/3 倍频程 A 计权总声级 L_A 计算公式如下:

$$L_A = 10 \lg \left[\sum_i 10^{(L_{p_i} - \Delta_i)/10} \right]$$

式中, L_{p_i} 为第 i 个频程的声压级; Δ_i 为相应的 A 计权网络的衰减值,简称 A 修正。

此外,突然发生的噪声或声压级起伏变化很大的噪声所产生的影响比平均声压级相同的平稳噪声影响更大。因此,在求出各仿真频谱图对应的“相对”A 声级时,还应综合考虑各频谱曲线的“起伏度”、“峰值离散度”以及“均衡度”等因素^[3]。

3 TPNSA 简介

3.1 基本配置

硬件配置: 80486 微机, VGA 图形卡配彩色显示器, 扫描仪, 打印机, 声卡。

软件配置: MS-DOS V3.30 以上操作系统, “天汇”汉字系统, Picture Publisher LE for Mustek Scanners 图形/像扫描软件, 中/西文 Window V3.1 操作系统, tyre CAD 部分软件(若有扫描仪, 则可不具备该软件)。

3.2 TPNSA 软件包

本软件选用 Borland C/C++ 3.1 程序设计语言编制。可占一张高密度存储空间。

该软件流程如图 1 所示。

TPNSA 软件包具有以下功能:

(1) 可以像文本编辑器一样, 对扫描仪或 tyre CAD 所获取的轮胎花纹原始数据进行任意组合, 即由键盘输入设计人员的要求(如花纹排列方式、错位大小或方向的改变等)后, 该软件可自动组合, 获得整周胎面花纹, 然后仿真获得花纹噪声的时域曲线。

(2) 将所获得的噪声时域曲线进行该软件包中的 FFT 变换, 可获得噪声功率谱及 A 声级(仿真频谱图见图 2)。

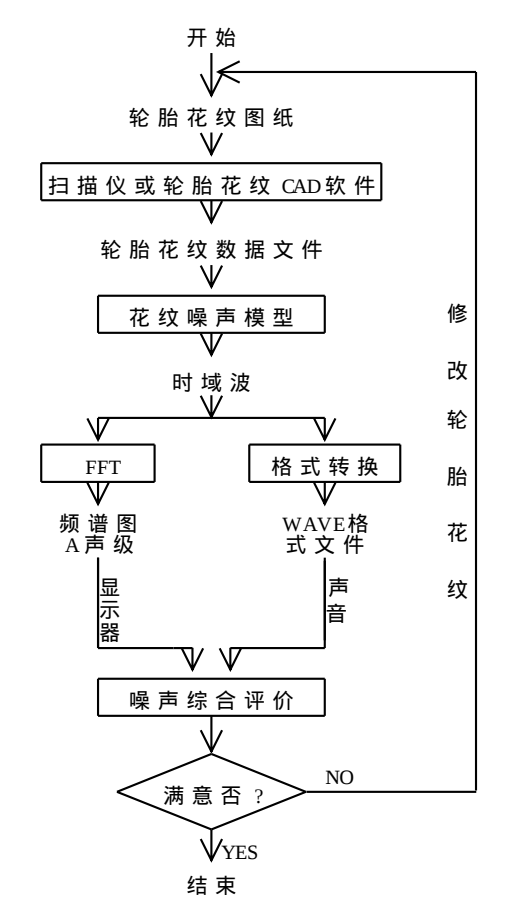


图 1 轿车轮胎花纹噪声微机仿真及评价软件流程图

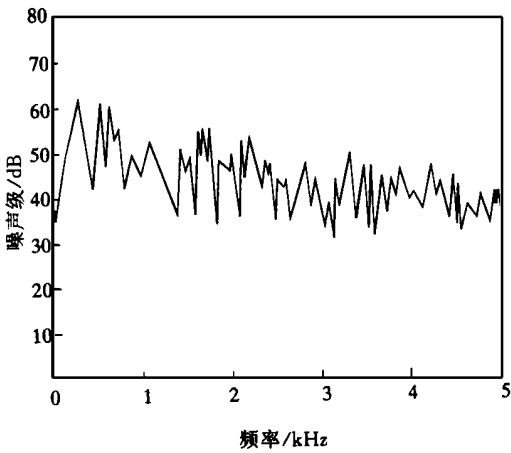


图 2 轮胎花纹噪声仿真频谱图

(3) 将所获得的噪声时域曲线经本软件包中的格式转换,可由声卡发出模拟轮胎花纹噪声。

(4)对一组轮胎花纹设计方案分别作了上述处理之后,可以根据仿真所得频谱图及 A 声级,对这一组设计方案的噪声优劣情况作相对评价。同时,声卡所发噪声也可作为评价参考。

该软件在 486 微机上分析一张轮胎花纹设计图需要 6 min 的时间。

4 TPNSA 软件包的应用

我们对近 20 种轿车轮胎花纹的噪声进行了仿真分析,结果与实践经验十分一致。

例如,对同一规格轮胎,花纹噪声仿真情况有如下规律:

- 变节距花纹优于等节距花纹;
- 无序花纹优于有序花纹;
- 轮胎胎面花纹产生噪声大小顺序为:光面≈直条花纹<曲折花纹<横向(烟斗)花纹;

花纹槽以“短、粗”为好。

其次,TPNSA 分析评价结果与已得到国际认可的德国 TUV 结果贴进度达 0.89(完全一致的贴进度为 1)。该仿真软件与 TUV 对 WA1/86,WA2/86,WA2/87 和 WA3/87 等 4 种花纹分析结果的比较见表 1。

表 1 TPNSA 噪声仿真结果与 TUV 测试结果的比较				
项 目	轮胎花纹编号			
	WA1/86	WA2/86	WA2/87	WA3/87
仿真噪声级/ dB(A)	73.48	75.68	74.94	72.96
TPNSA 评价	中	差	中	好
TUV 评价	中	差	中	好

TPNSA 软件与 TUV 测试结果存在差异的原因在于,TUV 使用的方法与本软件一样为仿真系统,其结果与实测结果存在差异;又因为建模中所考虑的声源因素多寡不一、模型不同,所以结果不可能完全一样。另外,由于实测中许多偶然因素会影响测试的结果,因此实测结果的重复性是相对的,也就是

说,即使对同一轮胎进行重复实测,其结果也有差异。

5 结语

采用 TPNSA 软件,可在轮胎设计阶段进行轮胎花纹噪声初步预测,帮助设计人员经济、快速地优选花纹设计方案。

我们还将着手进行实验研究,进一步完善仿真模型,达到“仿真”与“实测”一致,给开

发新型低噪声轮胎提供更可靠的依据。

参考文献

- 1 马大猷. 噪声控制学. 北京:科学出版社,1983. 414
- 2 David H Parker. Method of simulating tire tread noise and apparatus. United States Patent[19], 4 727 501. 1988
- 3 Chen Lijun, Yang Li. Computer Automatic Synthesizer Assessment for Noise Spectrum. Sensor World, 1996, 12 (6): 3~5

收稿日期 1997-04-09

Introduction of Software Package for Passenger Car Tire Pattern Noise Simulation and Assessment

Dong Qin and Yang Guangda

(Shanghai Tire and Rubber(Group) Corp. Ltd. 200082)

Chen Lijun

(Wuhan University of Technology 430070)

Abstract A physical-mathematic model of passenger car tire pattern noise was established by means of the physical test and the computer-simulating technology to obtain a method of tire pattern noise simulation and assessment. The analysis results of different simulated tread pattern noises showed that the software package was practical and effective.

Keywords tire, tread pattern noise, computer simulation, spectrum analysis

阿旺公司的炭黑补强节油轮胎

英国《欧洲橡胶杂志》1997年179卷4期16页报道:

阿旺公司在S和T速度级替换胎市场上推出了CR322轮胎。该胎是未使用白炭黑的节油轮胎。阿旺公司重新设计了带束层,在胎面胶中使用了高结构炭黑,胶料滞后性能的改善与使用白炭黑类似。

阿旺公司拒绝透露炭黑的生产厂家,因为它与后者有秘密协定,不能透露太多细节。1年前Nokian轮胎公司曾推出用类似高结构炭黑制造的T速度级冬用轮胎,并声称与炭黑生产厂家也有类似的秘密协定。Nokian公司说,当时该公司所用炭黑不适于制造T

速度级以上的轮胎。当时,卡博特说它正向欧洲市场推出其EcoBlack(生态学炭黑)产品。而阿旺公司所在地距离哥伦比亚Sevalco炭黑厂只有几公里。

关于用户是否对节油的替换胎感兴趣,阿旺公司产品和技术部经理Malcolm Jones说,研究表明,用户对省钱非常感兴趣,但是许多人没有准备付高级产品的价格来获得节油的好处。

CR322轮胎能够以比竞争对手优惠得多的价格提供使用性能、节油性能和低噪声等各方面俱佳的综合性能,而其竞争对手大多是针对原配胎市场的。

(涂学忠译)