

便携式轮胎花纹噪声声智能测量分析仪

陈理君¹, 阳玉平¹, 李晓辉¹, 董得义¹, 姚玲英¹, 杨光大²

(1. 武汉理工大学, 湖北 武汉 430070; 2. 上海米其林回力轮胎股份有限公司, 上海 200082)

摘要:设计基于多媒体的轮胎花纹噪声声智能测量分析仪,应用 TNS/ODS 分析优化软件,可测量轮胎花纹噪声的声压级。将噪声形成 wav 音频文件,通过二级定标引入 A,B,C 三档模糊(Fuzzy)计权网络,生成 3 档声压级,可执行时域、频域分析以及轮胎噪声性能评判。

关键词:轮胎;花纹噪声;测量分析仪

中图分类号:TQ336.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1006-8171(2004)07-0387-05

便携式轮胎噪声测量分析仪是专门针对测量、分析轮胎花纹噪声而研制的,应用了智能化仿真软件(TNS)^[1]和优化软件 ODS^[2],具有分析、评判功能。它不仅可实时测量轮胎花纹噪声的总声压级和声功率级,还可进行轮胎花纹噪声的时域、频域分析,频谱分析,指向特性分析,合成谱分析及低噪声轮胎性能主客观评判等^[3]。现将其工作原理和测试程序介绍如下。

1 分析仪的工作原理及硬件设计

1.1 分析仪的组成

分析仪噪声测量部分如图 1 所示。系统测量部分包括录音播放、频谱、平滑曲线及生成直方图、总声压级、计权网络等模块(如图 1 虚线框所示);仿真分析部分包括轮胎花纹噪声分析、仿真放声等模块。

1.2 技术参数

分析仪的技术参数如下:声压级范围 10~100 dB;频率范围 20~4 000 Hz;声压级精度 0.3 dB;频率精度 ±1 Hz;采样频率 >8 kHz。

1.3 轮胎噪声参数的测量与分析

(1)声压级^[4]

噪声测量主要测量噪声的声压级 L (dB),即

$$L = 20\lg \frac{P}{P_0} \tag{1}$$

作者简介:陈理君(1938-),男,上海人,武汉理工大学教授,长期从事噪声控制、模糊控制方面的研究与教学工作。

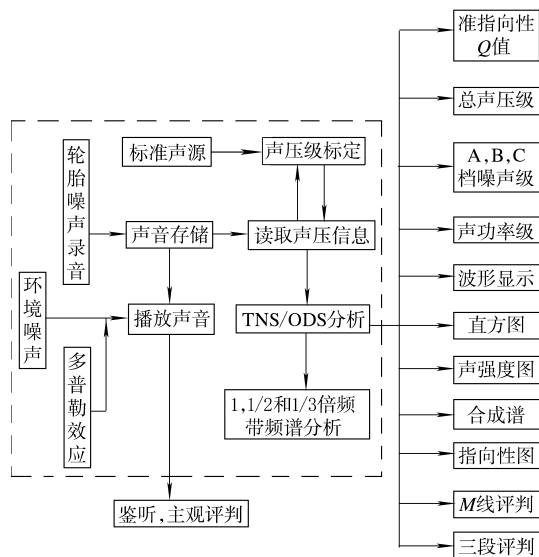


图 1 轮胎花纹噪声测量部分示意

式中, P_0 为参考声压,其值为 2×10^{-5} Pa。

$$P = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p(t)^2 dt}$$

其中, T 为积分时间, $p(t)$ 为被测瞬时声压;设 $u(t) = Sp(t)$, S 为传声器的声压灵敏度。故

$$L = 20\lg U - C \tag{2}$$

式中, U 为 $u(t)$ 的有效值, $U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u(t)^2 dt}$; $C = 20(\lg P_0 - \lg S)$,对确定的传声器而言, C 为一常数。得到噪声总声压级为:

$$L_T = 10\lg \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_i} \tag{3}$$

(2)声功率级

为便于比较^[5],根据测量环境与各测点距声源的距离 r ,将 L 换算成声功率级 L_w ^[6]。

在消声室内测量时, L_w 通过下式求得

$$L_w = L + 20\lg r + 11 - 10\lg Q \tag{4}$$

r 的范围为:

$$1.2 < r < 0.11 \sqrt{RQ} \tag{5}$$

式中, Q 为声源的指向性因数, R 为室内常数,即

$$R = \frac{s\bar{\alpha}}{1-\alpha}, s \text{ 为室内总面积, } \bar{\alpha} \text{ 为平均吸声因数。}$$

(3)等效连续声压级^[5]

等效连续声压级 L_q 按其定义由下式计算:

$$L_q = 10\lg\left\{\frac{1}{T}\int_0^T\left[\frac{p(t)}{P_0}\right]^2 dt\right\} \tag{6}$$

(4)声强度图^[4]

令声强 $I=kp(t)^2$, k 为转换系数,并对 I 进行高频调制,即 $I'=I\sin\omega_n t$,其中 $\omega_n=8\text{ kHz}$ 。声强度图如图2所示。

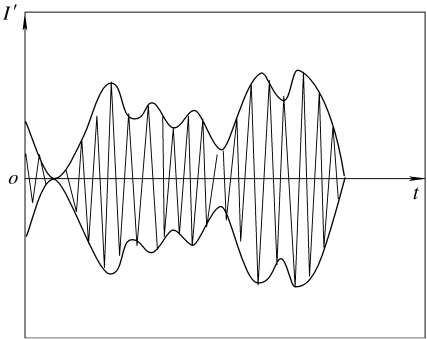


图2 声强度图

(5)直方图

从最低中心频率100 Hz到最高中心频率4 kHz分成若干段,取各段声压平均值形成直方图。它能反映频谱的分布情况和中心频率处的声压级大小。

(6)准指向性曲线

轮胎花纹噪声有较强的指向性^[7],在此采用选点或连续测量声压级的方法进行测量。

选点测量法是在距地面0.7~1 m、距轮胎中心1.2~1.7 m、轮胎前进方向半圆周上选取等间隔点测量。连续测量法则是将拾声器绕轮胎前进方向作等速半圆移动进行连续测量。根据测量数据绘制声压级(L_i)分布曲线,即轮胎发声的准指

向性曲线。准指向性因素 Q_i 按下式计算:

$$Q_i = \frac{L_i^2}{\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n L_i\right)^2}$$

我们对R14轮胎花纹噪声取7点进行测量,250和2 000 Hz频率下不同位置的数据及相应的准指向性因素计算值如表1所示,准指向性曲线如图3所示。

表1 R14轮胎在光滑路面行驶时测试的噪声声压级及准指向性因素(距地面1 m)

项 目	位置						
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
250 Hz 时							
L/dB	52.9	53.4	56.3	55.5	56.3	57.9	55.3
Q	0.57	0.64	1.24	1.03	1.24	1.79	0.98
2 kHz 时							
L/dB	73.9	73.7	71.3	69.2	71.3	71.6	72.9
Q	1.55	1.48	0.85	0.52	0.85	0.92	1.23

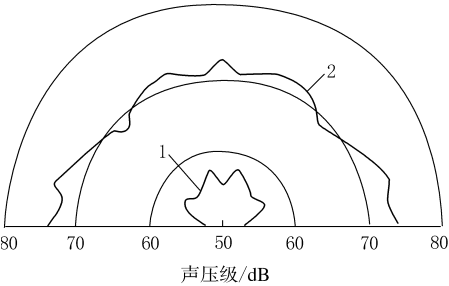


图3 R14轮胎在不同位置处的噪声准指向性曲线
频率:1—250 Hz;2—2 kHz。

(7)合成谱

各测点的噪声谱线差异较大^[2],而真正的低噪声轮胎应在轮胎四周任何位置都符合低噪声评判要求,如都低于 M 标准线^[5],因此,要求合成谱。

为便于比较和运算,我们借用模糊数学分析方法^[6],把噪声谱线变换成模糊集 H ,即将声压级(dB)除以100(分贝数限制在100以内)视为隶属度 μ ,并将频率 f_i 分级离散化对应元素 n_i ,这样可使原噪声谱线 $G(f)$ 变换成Fuzzy(模糊)集如下:

$$H = \frac{\mu_1}{n_1} + \frac{\mu_2}{n_2} + \dots + \frac{\mu_m}{n_m} \tag{7}$$

式中的“+”为列举号。式(7)又可简写为:

$$H = \{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_m\} \tag{8}$$

对于某方案,要将各方位(设共有 m 个)测得的谱

线全部计算在内,可通过“并”运算得到合成谱集,即

$$H = \bigcup_{i=1}^m H_i \quad (9)$$

式中,“ $\cup$ ”为并运算符。最后将 H 与模糊化后的 M 集比较即可^[6]。

(8) 计权网络

噪声测量仪器上装有为频率的计权网络,即加上一个滤波器,对所接受的声音按频带设有一定的衰减来模拟人耳的听觉特性。这种计权网络一般有 A、B 和 C 三档,用计权网络测得的结果称为计权声压级。

我们把噪声谱线变换成 F 集 H ^[8],并将 A、B 和 C 三滤波曲线转化为 F 集 A' 、 B' 和 C' ,即相对声压级(dB)加 100 后再除以 100 得到隶属度 μ ,并将频率分级离散化得到对应元素 n ,这样可用模糊代数乘运算求得计权 F 集声压级,即

$$L_A' = H * A' \quad L_B' = H * B' \quad L_C' = H * C'$$

式中,“ $*$ ”为模糊代数积符号。

最后将 L_A' 、 L_B' 和 L_C' 还原成 L_A 、 L_B 和 L_C ,即将隶属度乘以 100 还原为相对声压级(dB),并将 n 还原成对应频率。通过下式求出 A、B 和 C 计权声压级:

$$L_x = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{0.1 L_{xi}} \right), x = A, B, C$$

计权网络频率曲线如图 4 所示。

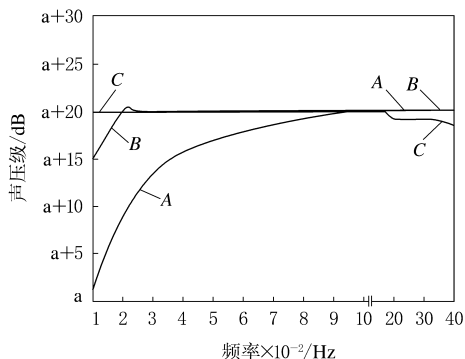


图 4 计权网络频率曲线

1.4 谱评判

(1) M 标准线评判

M 标准线是美国某研究中心提出的低噪声性能指标频谱曲线。如果测得的合成谱线在 M 标准线以下,轮胎的噪声性能为合格,否则为不合

格^[4],超出量为 δ ^[6],可由 $N = M \cap H$ 求得,即

$$\delta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\mu_{Hi} - \mu_{Ni})$$

式中, μ_{Hi} 和 μ_{Ni} 分别为 H 和 N 的 F 集隶属度。

(2) 三段评判

德国某测试中心低噪声标准是相对的优劣排队比较^[4]。它是通过对一组花纹方案进行仿真,得到 50~5 000 Hz 的花纹噪声频谱图,再分成低、中、高频段分别与一个典型的低噪声轮胎谱线进行比较^[9]。

(3) 线性频谱与倍频带频谱

对轮胎噪声波形进行采样,采样值即为输入函数 $F(t)$,用快速傅立叶变换,得到输出函数 $H(f)$,即为频谱。

每一频带均有上、下截止频率,并有代表该频带的中心频率。设上、下截止频率分别为 f_1 和 f_2 , $f_2 > f_1$,中心频率为 f_0 ,其间关系为:

$$f_2 = 2^n f_1, f_0 = \sqrt{f_1 f_2}$$

式中, n 为倍频数,可取 1, 1/2 和 1/3。线性谱声压级(L_r)与倍频带声压级(L_f)转换可依据下式求得:

$$L_r = L_f - 10 \lg \frac{f_2 - f_1}{\gamma}$$

式中, γ 为 L_r 的带宽。

各频带之间的声压级有以下关系^[10]:

$$L_{\frac{1}{2}} \approx L_b - 3, L_{\frac{1}{3}} \approx L_b - 5$$

式中, L_b 为倍频带声压级, $L_{\frac{1}{2}}$ 为 $\frac{1}{2}$ 倍频带声压级, $L_{\frac{1}{3}}$ 为 $\frac{1}{3}$ 倍频带声压级。

2 分析仪的校准与标定

每次测量前或使用一段时间后,必须对仪器进行校准,包括电路校准和话筒校准。校准时主要使用声压级校准器,它可发出恒定频率(1 kHz)及恒定声压级(90 dB)。校准器的精度为 ± 0.3 dB,为二级标定。

3 测试程序及实例分析

噪声测量系统的开发和运行是基于 Windows 平台,采用 Microsoft 的可视化开发工具 Visual C++ + 6.0,运用面向对象编程技术,实行开放式设计。该程序分为噪声测量、频谱分析及轮胎花纹噪

声仿真放声 3 个部分。程序流程如图 5 所示。

运用便携式轮胎噪声测量分析仪对某一轮胎噪声进行测量,测量噪声时间为 6.41 s,按采样频率为 44.1 kHz、采样位数为 16 位、单声道的格式录音。测量的噪声保存为 Test.wav,读取噪声的声压级数据信息,对噪声按每秒采样 2 048 个点进行快速傅立叶变换,得到的线性谱经换算得到噪声的 1/3 倍频带频谱曲线如图 6 所示,直方图如图 7 所示。得到噪声的总声压级为 85.91 dB; A 声压级为 82.69 dB; B 声压级为 85.85 dB; C 声压级为 85.91 dB。

4 结语

利用轮胎花纹噪声测量分析仪可快速、准确

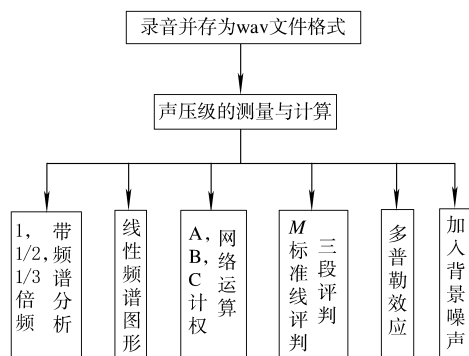


图 5 噪声测量系统程序流程示意

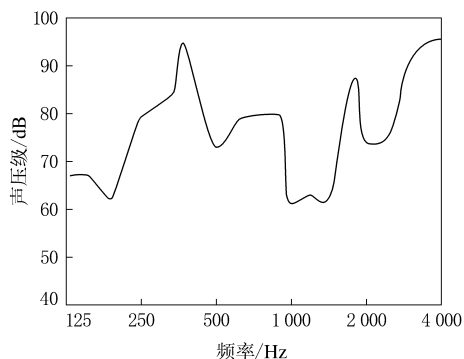


图 6 Test.wav 的 1/3 倍频带频谱曲线

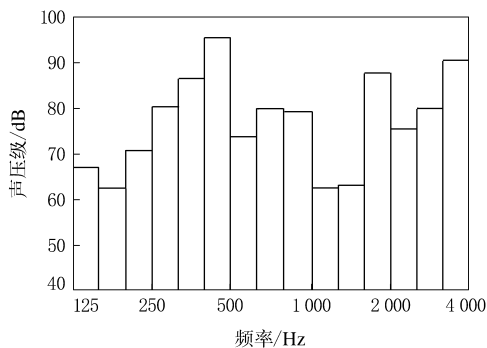


图 7 Test.wav 的 1/3 倍频带直方图

地测定轮胎花纹噪声的总声压级、声功率级和 A, B, C 三档声压级等噪声参数,并可进行噪声频谱分析及噪声性能评判。它为轮胎花纹设计方案的噪声分析、评定、排队和择优提供了工具。

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] 陈理君,杨唐胜,杨立,等. 低噪声轮胎花纹结构参数优化方法[J]. 轮胎工业,2002,22(12):720-728.
- [3] 陈理君,张艳堃,杨立,等. 低噪声轮胎花纹设计原理与方法[J]. 轮胎工业,2001,21(5):270-276.
- [4] 陈理君,林海军,陈敏伟,等. 轮胎花纹噪声的综合评判方法[J]. 轮胎工业,2000,20(3):140-144.
- [5] 郑长聚,洪宗辉,王锟贤,等. 环境噪声控制工程[M]. 北京:高等教育出版社,1988.
- [6] 陈理君,刘雨青,杨立,等. 室内轮胎花纹噪声测量方法研究[J]. 轮胎工业,2002,22(8):461-465.
- [7] Schaaf K, Ronneberger D. Noise radiation from rolling tires—sound amplification by the horn-effect[J]. Inter-noise,1982,82(2):131-134.
- [8] 陈理君,符健豪. 微处理机模糊控制[M]. 台北:台湾儒林图书有限公司,1993. 57-104.
- [9] 陈理君,阳玉平,董得义,等. 低噪声轮胎标准谱线及其频带转换[J]. 轮胎工业,2004,24(4):195-198.
- [10] 阳玉平. 低噪声轮胎花纹结构诊断和综合评判多功能系统[D]. 武汉:武汉理工大学,2003.

收稿日期:2004-02-03

Portable smart analyzer of tire tread noise

CHEN Li-jun¹, YANG Yu-ping¹, LI Xiao-hui¹, DONG De-yi¹, YAO Ling-ying¹, YANG Guang-da²

(1. Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430070, China; 2. Shanghai Michelin Warrior Tire Company, Shanghai 200082, China)

Abstract: A portable smart analyzer of tire tread noise has been developed on the basis of mutime-

dia. It can be used to measure the sound pressure level of tire tread noise with TNS/ODS analyzing and optimizing software. Three sound pressure levels are formed by introducing the wav sound file from the noise into A,B,C three-grade fuzzy weight network through two-level marking to carry out the analyses of time domain and frequency domain, and the evaluation of tire noise characteristics.

Keywords: tire; tread noise; analyzer

浙江富轮集团新型聚氨酯胎面/橡胶胎体复合结构绿色轮胎定向销售研讨会 在成都召开

中图分类号: TQ336.1; U463.34 文献标识码: D

浙江富轮橡胶化工集团有限公司(简称浙江富轮集团)新型聚氨酯胎面/橡胶胎体复合结构绿色轮胎(简称聚氨酯胎面绿色轮胎)定向销售研讨会于 2004 年 4 月 29~30 日在成都召开,参加会议的代表约 120 人,主要为该公司各省级及川、渝两地的市、县级经销商。

富阳富轮轮胎制造有限公司(简称富阳富轮公司)和杭州富阳公牛轮胎制造有限责任公司(简称富阳公牛公司)是浙江富轮集团旗下的两家新兴轮胎生产企业。富阳富轮公司于 2002 年年初完成年产 60 万套轻型载重斜交轮胎项目的建设后,经过几次技改扩建,现已形成年产 100 万套斜交轮胎(其中轻型载重轮胎 60 万套,重型载重轮胎和工程机械轮胎 40 万套)的生产能力。富阳公牛公司全钢子午线轮胎的年产能力已达 30 万套,预计到 2004 年年底,全钢子午线轮胎的年产能力将增至 60 万套。

经过几年的发展,浙江富轮集团生产的公牛和驰霸牌轮胎在国内市场已有一定的知名度,并部分出口美国。2003 年,这两个品牌的轮胎通过了国家 3C 认证并获得“杭州名牌”荣誉称号。

此次推出的聚氨酯胎面绿色轮胎是在橡胶胎体上贴合聚氨酯胎面制成的。该轮胎生产技术由浙江富轮集团和华南理工大学共同开发,由浙江富轮集团、华南理工大学和中化国际贸易股份有限公司共同拥有,其权益分别为 51%, 38% 和 11%。富阳富轮公司和富阳公牛公司是该项技术的产业化基地,拥有该项技术的使用权。

据介绍,聚氨酯胎面绿色轮胎生产的关键技术是聚氨酯胎面与橡胶胎体(包括子午线轮胎和斜交轮胎)的粘合、聚氨酯胎面的防滑处理和聚氨

酯胎面的浇注工艺等。该项技术的优势如下:

- 成熟的专有技术,率先在全球实现特定类型聚氨酯胎面轮胎的商业化生产;
- 产品集橡胶胎体变形小、乘坐舒适性好和聚氨酯胎面耐磨性好的优点于一身,胎面用胶量减小,有利于轮胎的轻量化和生产成本降低;
- 与橡胶轮胎相比,产品耐磨性大幅度提高,滚动阻力降低 20%,行驶里程提高 1 倍以上,抗刺扎性好,承载能力大;
- 工艺流程独特,传统橡胶轮胎生产线经改造后就可进行生产,设备投资少、建设周期短;
- 胎面可呈各种颜色。

会议公布了浙江富轮集团聚氨酯胎面绿色轮胎的产业化进程安排:2004 年 8 月完成年产 6 万套 7.00—9 聚氨酯胎面绿色轮胎中试生产线的建设并随即投产;其后,开始 10.00R20 聚氨酯胎面绿色轮胎的产业化建设。

会议还介绍了金信信托投资股份有限公司和金信证券有限责任公司为浙江富轮集团加快聚氨酯胎面绿色轮胎产业化进程进行增资扩股的投资信托计划方案。

从浙江富轮公司董事长叶炎平关于聚氨酯胎面绿色轮胎发展战略的发言可以感受到,浙江富轮集团对聚氨酯胎面绿色轮胎的生产建设和应用前景充满了信心,对企业的发展充满了希望。

会议展出的规格为 7.00—9 和 10.00R20 等 5 条聚氨酯胎面(呈不同颜色)绿色轮胎受到与会者的关注。

最后,浙江富轮集团和销售商还就公牛和驰霸牌轮胎的销售和生产问题进行了深入、广泛的讨论。富阳富轮公司和富阳公牛公司表示,在尽快实现绿色轮胎产业化的同时,还要进一步提高现有轮胎产品的质量,以提高其轮胎的销售量和市场占有率。

(本刊编辑部 黄家明供稿)