

轮胎花纹噪声的相对测量

常传贤 印建华

[上海轮胎橡胶(集团)股份有限公司 200082]

摘要 叙述了通过测量声强计算声功率的方法测量轮胎噪声的原理,提出一种适合于现场使用的轮胎花纹噪声相对测量方法,并将此方法用于优化轮胎花纹设计,给出了不同行驶速度时,不同胎面花纹的测量结果并对其进行讨论。

关键词 轮胎,噪声,测量

随着人类的进步和发展,对自身生活的环境污染也愈来愈严重。作为重要污染源之一的噪声已对人类的健康造成严重威胁,交通运输车辆是主要的噪声源之一。这个问题随着交通运输密度的持续增长、车速的提高、运输车辆负荷的增大而日趋严重。有人^[1]研究了室外的车辆噪声,认为轮胎噪声占了相当的比例。目前,有些汽车制造厂已对配套轮胎提出了噪声指标要求。为了占领市场,开展低噪声轮胎的研究已迫在眉睫。

轮胎噪声的产生机制可归纳为几个方面:

(1)在轮胎滚动时,胎面花纹与道路接触过程中,花纹沟中的空气被机械式的抽吸,引起压力变化,产生空气扰动,即所谓“泵气效应”。

(2)在轮胎滚动时,胎面花纹块与道路接触产生的撞击声。

(3)在轮胎滚动时,周期性的变形产生振动,或由于道路的不平、胎侧和胎面在接触路面时产生的振动引起的噪声。

(4)空气动力效应。轮胎在转动和移动的过程中,切割空气产生的空气紊流而引起的压力波动。

(5)轮胎与路面摩擦产生的摩擦噪声。

由此可见,考虑到降低噪声的轮胎设计,不仅仅是改进花纹设计,还涉及到轮胎的结构形状和所用的材料。如用尼龙作骨架材料的轮胎比用人造丝作骨架材料的轮胎更易产生谐振;高滞后性能材料作胎面可阻尼胎面花纹接触地

面时的冲击,降低噪声,但由此会产生其它的副作用。因此,设计低噪声的轮胎是一个相当复杂的课题。

目前有文献^[2,3]介绍用边界元方法或傅立叶分析方法计算轮胎花纹产生的噪声,国外有商品化的计算软件,国内也有一些计算机仿真计算软件^[4],这些理论计算方法在建立数学模型时,总是对实际的轮胎作了各种简化,很难准确地预估实际轮胎花纹产生的噪声。对轮胎噪声进行实际测量既是理论研究的需要,也是产品开发的需要。目前尚没有一套标准的测量方法来评估轮胎噪声。国外现有的一些测量方法如滑行法(coast-by method)、拖车法(trailer method)、滑行-拖车法(trailercoast-bymethod)、转鼓法(drum method)等,前3种方法需要特定的场地和设施,后一种方法在实验室内进行。每种测量方法各有千秋,测量结果可比性不直观。相比之下,转鼓法更适合于研究工作,其主要优点是在室内测量,与自然气候关系不大,测量结果的重复性较好,精度较高,敷设在转鼓上的模拟路面的材料可根据实际情况选用,使测量结果更接近于实际。但由于受到室内空间的限制,一般情况下,麦克风安放位置离轮胎较近,属于近场测量,与人在自然空间听到的声音不同,真实性受到影响;其次是必须安装模拟路面的材料,增加了一些设备和运行费用。尽管如此,跟其它一些测量方法相比较,还是比较实用的。

人对声音的反应,除了大小以外,还有“刺耳”和“悦耳”之分,即所谓声质量。与之相应,轮胎噪声评价方法可分为两类,一类为主观评价(即从心理声学角度出发评价声质量),另一

作者简介 常传贤,女,1940年出生。高级工程师。1963年毕业于合肥工业大学精密仪器专业,现主要从事轮胎噪声的研究和测试开发工作。

类为客观评价(即从声强、声压等一些客观的物理量出发评价声质量)。这里介绍的方法属于客观评价。为了达到优化花纹设计的目的,节约模具费用,花纹的优选工作是利用刻花轮胎进行的,具体的程序是:轮胎花纹设计→轮胎花纹噪声计算机仿真计算,优选出花纹设计方案→在同规格的光面胎上刻制花纹→相对测量比较,优选出最佳的花纹方案→模具设计。本文介绍了轮胎花纹噪声的相对测量方法。

1 原理和方法

利用轮胎试验机转鼓带动轮胎转动,模拟轮胎在路面上行驶(目前转鼓上未敷设任何模拟材料),测量轮胎在运行时产生的噪声功率和频谱,通过相对比较,评价轮胎花纹的噪声性能。利用声强测量来计算声功率。这种方法的优点是测量不受环境噪声的影响,不要求严格的声学测量环境,很适合现场测量。

根据定义,声强(I)可表示为:

$$I = \frac{W}{S} = \frac{FV}{S} = \frac{F}{S} V \quad (1)$$

$$P = \frac{F}{S} \quad (2)$$

式中 W ——声功率;

S ——面积;

F ——力;

V ——速度;

P ——声压。

由于速度是一个矢量,有方向性,而声压是一个标量,因此声强也就是一个矢量,它可写成:

$$\vec{I} = P\vec{V} \quad (3)$$

根据式(1),对被测声源选择一个封闭的包络面,测量垂直于该包络面上的声强,即可求得声功率(采用声强探测器测量声功率时,必须使探测器的轴垂直于测量表面)。

由式(3)可见,声强的测量可以变成压力和速度的测量,而速度的测量,根据牛顿定律,可以转变成压力差的测量。

$$-\frac{\partial P}{\partial X}(X, t) = \rho_0 \frac{\partial V}{\partial t}(X, t) \quad (4)$$

式中 ρ_0 ——空气密度;

$\frac{\partial P}{\partial X}(X, t)$ ——压力梯度;

$\frac{\partial V}{\partial t}(X, t)$ ——加速度。

$$\frac{\partial V}{\partial t}(X, t) = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial X}(X, t) \quad (5)$$

$$\text{且} \quad \frac{\partial P}{\partial X}(X, t) = \frac{P_2 - P_1}{\Delta r}(X, t) \quad (6)$$

式中 Δr ——麦克风之间的间距;

P_1, P_2 ——2只麦克风处的声压。

$$\text{因为} \quad V = -\frac{1}{\rho_0} \int \frac{\partial P}{\partial t}(X, t) dt \quad (7)$$

$$P = \frac{P_1 + P_2}{2} \quad (8)$$

$$\text{所以} \quad I = -\frac{P_1 + P_2}{2\rho_0\Delta r} \int (P_1 - P_2) dt \quad (9)$$

上式表明,在同一轴线上,相距为 Δr ,面对面地放置2只幅度和相位匹配好的麦克风,加上适当的放大线路,即可组成声强探测器,并由所测得的声强测量扫描面积计算出声功率。

利用测量声强计算声功率的方法,首先必须选定包围声源的封闭包络面(由现场的实际情况来定)。包络面上声强的测量有两种方法,一种为扫描法,另一种为定点法,前者是将声强探测器在选定的包络面上按照一定的栅格路线进行扫描,后者是在包络面上均匀地选定一些点(点的数目可以设定)测量其声强,测量结果存入仪器。用仪器内部的程序进行平均值和声功率计算。本研究选用扫描法测量声强。声强探测器的工作方式(触发方式、平均方式等)根据需要设定。

被测轮胎及测量扫描面的相对位置如图1所示。

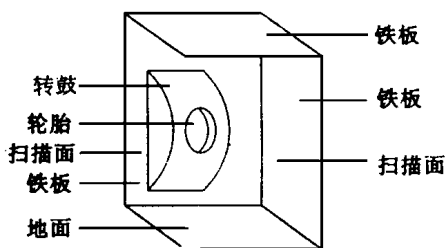
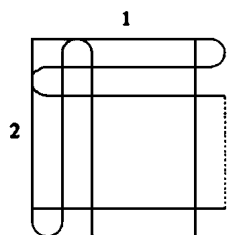


图1 测量条件和测量面位置示意图

由于设备因素,测量不能选择封闭的包络面,加上铁板是为了减少声能量流失,声强探测器只扫描两个面。测量面上探测器的扫描路径见图2。图中1为第1次水平方向扫描,2为第2次垂直方向的扫描,探测器以大约 0.5 m s^{-1}



2 测量面扫描路径示意图

的均匀速度进行扫描。声强是两次扫描面上测量结果的线性平均值。这样可以避免声场分布形状对测量结果的影响。

首先测量本底噪声,此时轮胎不接触转鼓,机床以测量轮胎时选定的速度运转,按图1和2所示条件进行测量,将结果存入仪器。然后将光面胎或刻花胎靠上转鼓,在同样测量条件下,测量同样规格的光面胎、不同花纹的刻花胎的噪声功率和频谱,对结果进行相对比较,作出不同轮胎花纹噪声性能的评价排序。

为了保证测量精度,按ISO 9614/2国际标准(草案)要求,利用扫描法测声强计算声功率,测量前,要对声强探测器的相位匹配和幅率进行检查。方法是使用空腔校正器和粉红噪声源测量声强-残存声压指数,即P-I指数,按仪器使用的要求,声强探测器的P-I指数大于10 dB,即达到工程级测量精度。

2 仪器设备及测试条件

主要仪器设备为:MTS-860型轮胎耐久性试验机;3569A型实时频率分析仪;35230A型声强探测器;35236A型空腔标定器。

测量前,检查声强探测器的相位匹配情况。检查结果:P-I指数为18.4 dB。

被测轮胎(包括光面胎)必须是经过均衡、动平衡测试、X光及外观等检查以后的合格品。按照国家标准,对被测试的轮胎在测量之前进行24 h充气停放,使轮胎在测量时处于稳态。轮胎在运行时的负荷及充气压力,根据不同规格按照国家标准来确定。轮胎速度可参考国外一些测试中心及自身的实际情况选定。

3 结果与讨论

光面胎和1[#]~5[#]五种不同花纹的刻花胎的本底噪声功率的测量结果见图3。

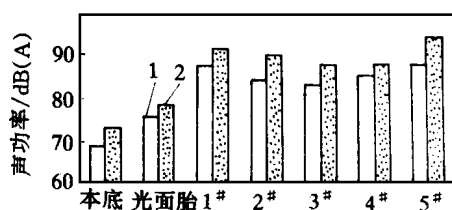


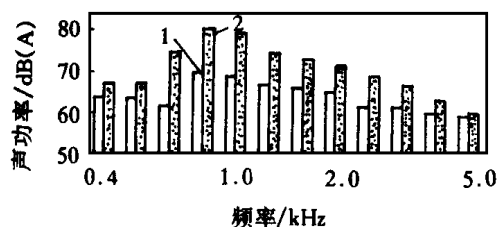
图3 轮胎噪声功率测量结果

1—70 km·h⁻¹;2—100 km·h⁻¹

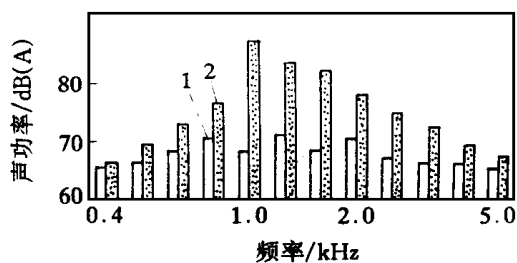
由图3可见,本底噪声比刻花胎的约低20 dB,故可不考虑本底噪声的修正。

以2[#]花纹的刻花胎为例,其在70和100 km·h⁻¹速度时的频谱和同速度下光面胎的频谱比较分别见图4和5,其在70和100 km·h⁻¹速度时的频谱对比见图6。

由图3~6可以看出,光面胎的频谱相对

图4 70 km·h⁻¹速度时光面胎与刻花胎的频谱图

1—光面胎;2—刻花胎

图5 100 km·h⁻¹速度时光面胎与刻花胎的频谱图

注同图4

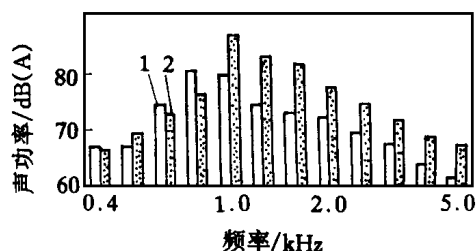


图6 不同速度条件下刻花胎的频谱图

注同图3

于刻花胎较平坦,噪声功率相对较小。不同花纹的刻花胎噪声功率和频谱不同,故可以用此方法优选出噪声特性好的花纹。从测量结果中不难看出,5[#]花纹噪声最大,2[#]花纹虽然噪声功率较小,但频谱欠佳,在人耳敏感的 1 kHz 频率处有一高峰。因此,花纹的噪声特性应该从声功率和频谱分布及声质量等方面综合评价。

对测量结果进行研究,结果表明:

(1)声强探测器的 P-I 指数大于 10 dB,说明探测器相位匹配能满足测量精度要求。

(2)多次测量表明,轮胎花纹噪声与速度有关,随着轮胎速度的提高,花纹噪声的绝对值增大。但不同花纹噪声的增幅不同,这也可作为选择花纹的一项依据。

(3)这里提供的测量结果是在上述测量环境和条件下得到的,改变环境和条件,测量结果的绝对值可能会改变,但多次试验证明,对于各种轮胎噪声性能的相对排序不变。在同样的测量条件下,对同一条轮胎进行多次测量,其测量结果的重复性比较好,误差在 ± 0.4 dB 以内。

4 结语

没有条件建立专用的测试设备和消声室、半消声室或混响室的情况下,利用轮胎试验机和一些相应的测量仪器建立的轮胎噪声相对比较的测量方法,用于轮胎低噪声花纹的研究和优化设计中,取得了很好的效果。随着低噪声轮胎研究的深入和测量环境的改善,轮胎花纹噪声的相对测量方法将得到进一步完善。

参考文献

- 1 Willett P R. Tire tread pattern sound generation. *Tire Science and Technology*, 1975, 3 (4): 252 ~ 266
- 2 Zika V, Koutny F. Use of Fourier analysis for designing tire tread. *Plasty a Kaucuk*, 1987, 24 (9): 257
- 3 Nakajima Y, Inoue Y, Ogawa H. Application of the boundary element method and modal analysis to tire acoustics problems. *Tire Science and Technology*, 1993, 21 (2): 66 ~ 90
- 4 董 芹,陈理君,杨光大. 轿车轮胎花纹噪声微机仿真及评价. 见:橡胶工业计算机应用研讨会论文集. 杭州, 1996. 60

第十届全国轮胎技术研讨会论文

Relative Measurement of Tread Pattern Noise

Chang Chuanxian and Yin Jianhua

[Shanghai Tire and Rubber (Group) Co., Ltd. 200082]

Abstract The principle of measuring tire noise by calculating the sound power with the measured sound energy was described. A relative measurement of tread pattern noise suitable for site test was proposed and used to optimize the tread pattern designs. The measured noises of different kinds of tread patterns at different running speeds were given and discussed.

Keywords tire, noise, measurement

亚洲轮胎向美国出口急增

美国《橡胶和塑料新闻》1998 年 9 月 7 日 23 页报道:

继 1996 年世界轮胎总产量超过 10 亿条大关以后,世界各轮胎公司正向下一个里程碑——7.5 亿条轿车轮胎和 3 亿条载重车轮胎挺进。但是 1997 年中期以来席卷亚洲的经济危机和过去几周俄罗斯的金融骚乱可能对 1998 和 1999 年全球轮胎生产产生重大影响。

尽管 1997 年年中以来亚洲轮胎生产国市场需求下降,但它仍保持了 1996/1997 年的生

产水平,而且通过积极扩大出口加以补偿。

1998 年上半年美国从亚洲进口的轿车轮胎数量获得破记录的增长。从韩国和印度尼西亚的进口量是 1997 年的两倍,从中国的进口量是 1997 年的 20 倍,全年将达到 200 万条。

就生产规模而言,美国是世界上最大的轿车轮胎生产国,其轻型载重车轮胎产量仅次于日本位列世界第 2。美国和日本中型载重车轮胎的产量都低于中国,但中国生产的载重车轮胎仍以斜交轮胎为主。

(涂学忠摘译)