

轮胎车外噪声测试与评价方法

董 芹

[上海轮胎橡胶(集团)股份有限公司轮胎研究所 200072]

关元洪

(上海交通大学振动、冲击、噪声研究所 200030)

摘要 介绍并比较了目前国际上常用的5种轮胎噪声测试方法的优缺点,分析并通过实验验证了传统评价方法的不足。指出室内转鼓法最适于轮胎噪声机理的研究,试验车惯性滑行法及噪声隔离试验车通过噪声测试法适于轮胎噪声的工程评价及优选,评价方法应兼顾人耳主观评价。

关键词 轮胎噪声,测试方法,主观评价

随着人们生活质量的提高及国外轮胎对国内市场的冲击,国内轮胎厂家和有关科研机构已愈来愈重视对轮胎噪声性能的改进。为了给轮胎噪声大小进行分类寻优或进行轮胎噪声机理研究,轮胎噪声测试工作至关重要。由于我国轮胎噪声研究工作相对欧美等国起步较晚,为此,我们查阅了大量国外相关资料,将国外较成熟的轮胎噪声测试与评价方法以及我们测量工作中的一些发现归纳如下,供国内轮胎噪声研究及测试人员参考。

1 轮胎车外噪声测试方法

轮胎噪声指车辆行驶时轮胎与路面相互接触作用而产生的噪声[国外常称为“轮胎道路噪声(tire/road noise)”,属环境污染之一。从其污染的区域来分,轮胎噪声可分为车内噪声及车外噪声。对于不同轮胎车外噪声的比较,目前国际上有下列几种常用的试验方法^[1]:

(1) 试验车惯性滑行法(the coast-by method)

此方法是将试验轮胎(轿车轮胎至少4条,载重轮胎至少6条)装在试验车上,试验车行至测试指定路段(如图1所示)从滑行区AA'线到BB'线,其发动机及与安全无关的所有辅助系统均关掉,试验车靠惯性滑行,2个麦克风分别放在滑行区中央线两侧(7.5±0.1)m、距离地面高度(1.20±0.05)m的P及P'处,时间

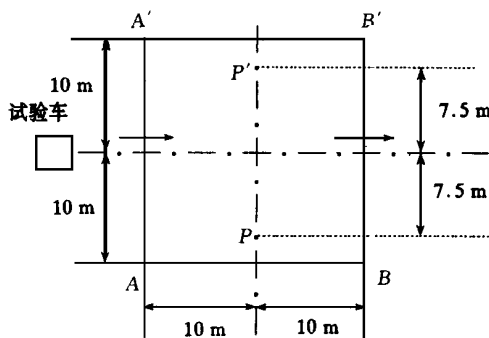


图1 试验区示意图

平均取“快”档,记录最高噪声A计权声压级及其1/3倍频程频谱图。对于不同的试验车,由于车体的反射或屏蔽作用、车轴噪声以及底盘与车轴的悬挂支架等影响有可能不同,因此对一系列轮胎噪声评价,应选用同一试验车。

(2) 拖车法(the trailer method)

此方法将1条或多条试验轮胎装在拖车上,该拖车由汽车拖动,在离试验轮胎0.1~0.5m内,放置一个或多个麦克风,测量平均时间一般取4~60s,多数拖车在麦克风与试验轮胎外周有一隔声罩以屏蔽风声及周围其它噪声。与试验车惯性滑行法相比,此方法需要的试验轮胎较少,来自汽车噪声的影响也较小。但是,由于此方法采用近场测试,可能会由于风的影响而导致声场某种程度的改变。

(3) 拖车惯性滑行法(the trailer coast-by method)

这是前两种方法的结合。试验轮胎装在拖车上,拖车由1辆驱动汽车在试验场上拖动,麦克风的安放位置与试验车惯性滑行法一样,放

作者简介 董芹,女,29岁。工程师。现同济大学声学专业博士生。自1992年开始从事轮胎花纹噪声研究与计算机仿真。已发表论文数篇。

在滑行区两旁(为远场测试)。为了将试验轮胎与前面驱动汽车噪声分开,可将拖柄做长,驱动汽车上的轮胎全装低噪声轮胎,当然,也可对前面驱动汽车的噪声单独测量以便对试验轮胎噪声测量值进行修正。

(4) 室内转鼓法 (the laboratory drum method)

一条试验轮胎靠转鼓设备(转鼓直径一般为 1.5 ~ 3.0 m)带动,麦克风放在距试验轮胎 1 m 范围内。该转鼓设备要求放置在半消声室或全消声室中,转鼓表面应模拟路面。

与其它 3 种室外现场法相比,室内转鼓试验法存在 2 个主要缺点: 需较昂贵的转鼓设备及(半)消声室; 由于轮胎噪声存在较强的指向性,此方法所测的近场值,不能代表实际车外远场噪声对行人的实际影响,且转鼓有一定曲率,轮胎跟转鼓与其跟实际路面所形成的喇叭口形状不同,则此时喇叭口声音“放大”效应与实际路面行驶时有所不同。

虽然有这些缺点,但此方法同时存在较多明显的优点: 受气候及天气条件的影响最小,测试结果的重复性最好; 室内测试可进行长时间平均,可减少随机误差,提高信噪比; 如果整个转鼓表面的模拟路面结构一致,则测试结果的可比性较好; 试验轮胎数目最少(仅需 1 条); 由于无多普勒效应,故此方法特别适于通过窄带频谱分析进行轮胎噪声机理的研究; 测试方法简单、易行、快捷。

正因为这些优点,且所测 A 计权声压级及 250 ~ 5 000 Hz 范围的 1/3 倍频程与其它 3 种室外现场法所测结果具有较好的相关性^[2],故目前国外许多轮胎、汽车生产厂家及研究机构大都采用该方法,如日本汽车标准组织 1981 年将室内转鼓试验法定为单胎噪声试验标准,其中规定转鼓直径为 3 m,转鼓转动的本底噪声至少低于同速度下轮胎噪声 13 dB(A),测量轮胎分别以 30 ~ 110 km · h⁻¹ 17 档速度运转时,轮胎旁侧 P 点(图 2 所示)的 A 计权声压级。

由于以上 4 种轮胎噪声测试方法优缺点并存,至今轮胎噪声试验的国际标准未能出台,1997 年 2 月 7 日 ISO 组织只推出了轮胎道路噪声惯性测试法的草案,前面介绍的试验车惯性滑行法与拖车惯性滑行法被规定为其中 2 类

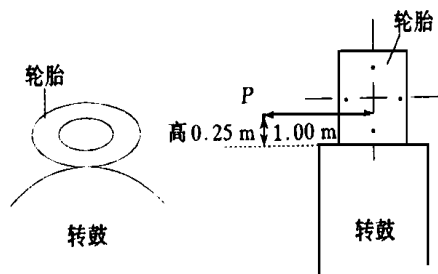


图 2 轮胎旁侧 P 点 A 计权声压级测量示意图

试验规范。从声学角度来看,其中规定了为确保测试结果正确性及可比性应注意的主要事项有: 在以试验场中心为圆心、半径为 50 m 的范围内,无较强的声源及较大的声反射物,本底噪声(包括任何风声)至少低于所测轮胎噪声 10 dB(A); 此方法所测噪声虽然最接近实际交通噪声,但由于存在多普勒效应,必须经过非常先进的多普勒补偿程序处理,否则,所测窄带频谱分析意义不大; 麦克风处的风速最大不能超过 5 m · s⁻¹,测试时麦克风应套上风罩,因风速加大,空气涡流的存在将使声传播受较大影响,产生低于 100 ~ 500 Hz 的低频噪声; 环境空气温度变化范围应为 5 ~ 40 °C,因为温度的改变会引起轮胎硬度的变化,温度每升高 10 °C,噪声一般降低 1 dB(A),且主要是在中高频段(700 ~ 8 000 Hz)噪声降低。对于轿车轮胎,为确保测试结果的可比性,考虑温度影响,对测试结果按下式进行修正:

$$L = L_m + K\Delta\theta = L_m + K(\theta - 20)$$

式中 L ——纠正后的声压级;

L_m ——纠正前的声压级;

K ——温度修正常数;

θ ——测试记录瞬间的空气温度。

噪声测试前试验轮胎应先在道路上正常运行 100 km,使轮胎与轮辋的安装达到一定平衡。

另外,目前国外还有一种“通过噪声测试法”(pass-by noise measurement),此方法实际源于国际标准 ISO 362 规定的车辆加速噪声的工程测量方法。此方法与前面介绍的惯性滑行法相比,除了通过噪声测试法试验车行至 AA' 进线时,发动机油门快速全档加速,至测量区 BB' 离线时油门快速关闭,而惯性滑行法试验车发动机在测量区段一直处于“关闭”状态这一区别外,两者几乎完全一样。由于通过噪声测试法

中车辆加速行驶时所测噪声结果受发动机噪声影响较大,故一般研究人员认为,通过噪声测试法是研究车辆整车噪声的测试方法(强调车辆的影响),而若仅研究轮胎道路噪声时,惯性滑行法更好。但是,Buschmann J^[3]1996 年研究发现,用惯性滑行法测得噪声较低的轮胎,其实际加速行驶时却产生较高噪声,故轮胎加速噪声的测量也很重要。为此,Buschmann J 指出:如对试验车进行噪声隔离处理,该车装上光面轮胎后,在通过噪声测试法测量中,使用 250 Hz 高通滤波器去掉发动机及排气系统的低频噪声,这种噪声隔离后的试验车通过噪声若不高于 64 dB(A),则可认为车辆加速时发动机噪声已被屏蔽,轮胎加速噪声可被较好地测出。

总之,目前国外各种轮胎噪声测试方法各有利弊,其中“室内转鼓法”最适于轮胎噪声机理的研究,“试验车惯性滑行法”与“噪声隔离试验车通过噪声测试法”的结合运用,则适于轮胎车外噪声的工程评价及优选。

2 轮胎噪声评价方法

2.1 轮胎噪声传统的评价指标及其缺憾

以上所介绍的各种方法实质是通过不同途径驱动轮胎滚动,从而使轮胎产生噪声,而其中噪声评价指标均采用 A 计权声压级及其 1/3 倍频程频谱图。如前面提及的 ISO 组织推出的“惯性滑行法测量轮胎/道路声音辐射”草案中就以 A 计权声压级作为必选项,1/3 倍频程频谱图作为可选项。测试仪器中 A 计权声压级即是按等响曲线 40 方(方是声音响度级的单位,例如:某一扬声器所发声音如果与声压级为 40 dB 的 1 000 Hz 纯音听起来同样响,那么,该扬声器所发声音的响度级被认为是 40 方)的纯音响应设置计权网络,声音通过 A 网络,低频段有较大衰减。由于 A 计权总声压级不仅反映了噪声的客观特性,而且也兼顾人们的心理、生理等主观因素,因此,A 计权声压级早在 1950 年就开始被运用,至今在噪声控制中仍被广泛采用,故在此称其为传统的客观评价指标。然而,目前愈来愈多的声学研究人员发现,A 计权声压级及其 1/3 倍频程频谱图并不能完全反映人耳对音的主观感受。例如某交响管弦乐有可能与人们感受截然不同的某发动机噪声的 A

计权声压级及其 1/3 倍频程频谱图相接近^[4]。在我们的一次实验中也发现了这一类似现象:2 条轮胎的噪声 A 计权声压级及其 1/3 倍频程频谱图接近,可回放后人耳感觉却有较明显的区别。

2.2 轮胎噪声传统测量评价与人耳评价对比试验

采用室内转鼓法,2 条同规格(185/70R13)不同花纹的轿车子午线轮胎放在美国 MTS860 型轮胎耐久性试验机上,被直径为 1 707 mm、表面光滑的转鼓带动。2 条轮胎在同气压、同负荷条件下,先后以 100 km·h⁻¹速度滚动,采用丹麦 B & K4165 传声器及 B & K2144 双通道实时分析仪记录轮胎附近同一点 A 计权声压级及其 1/3 倍频程频谱图,同时,采用日本 TEAC XR-20C 磁带记录仪记录其声压信号。结果发现,两轮胎 A 计权声压级分别为 95.90 和 95.18 dB(A),其 1/3 倍频程频谱图也较接近(分别如图 3 和 4 所示),据传统客观评价可认为 2 条轮胎噪声差不多,第 2 条轮胎稍好一些。但是,回放所记录噪声,组织 20 人反复聆听,却发现 100 %的听者认为两者响度感受差不多,80 %的听者认为第 2 条轮胎噪声听起来

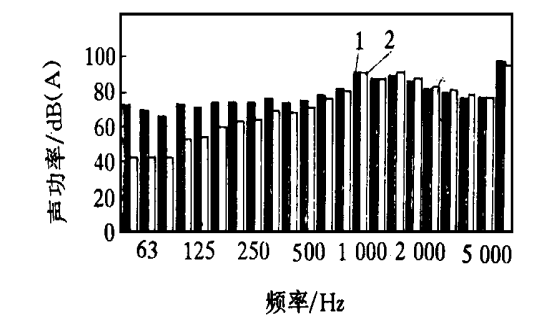


图 3 第 1 条轮胎的 1/3 倍频程频谱图
1—线性值,2—A 计权值

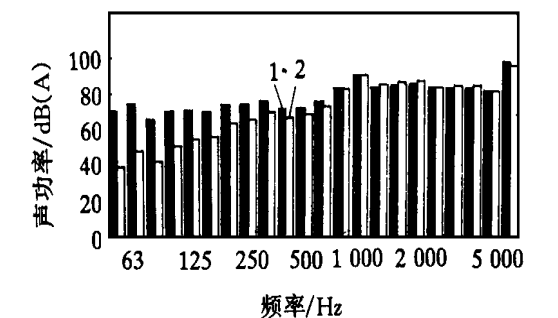


图 4 第 2 条轮胎的 1/3 倍频程频谱图
注同图 3

感觉更为烦躁(这与现场测试时在场人的感觉一致)。

虽然本次测试测试室为非标准消声室,所测结果中包含混响声,但 A 计权声压级分析计算的对象与磁带记录的信号为同一物理量(包含混响声的轮胎附近同一点的声压信号),传统客观评价(A 声级评价结论)与人耳主观评价结论不同,说明轮胎噪声与其它声音一样,传统评价手段不能完全替代人耳评价。

2.3 人的听觉系统与传统测量方法的主要区别及人耳主观评价仪器

以上现象是由于人的听觉系统与传统测量方法存在以下主要区别所引起:

(1) 人的听觉系统实际上具有滤波器的功能,会根据声音频率、声源方向的不同对声压幅值加权 - 30 ~ - 15 dB,而传统测量采用的麦克风无此功能;

(2) 听觉系统有相距一定距离的两耳作为路径,能做双耳信号处理,而传统 A 计权声压级测量采用单路记录与分析;

(3) A 计权声压信号并不能完全表征人们对声音的印象及其它心理声学参数,“响度”、“粗噪度”、“锐度”、“抖动量”等也是对声音的重要评价参数;

(4) 若 f_0 为频率分辨率(单位为 Hz), t 为时间分析范围(单位为 s),对一般传统分析仪而言,由于 $f_0 \times t = 1$,则只有延长时域分析范围才有可能得到高的频谱分辨率。而对人的听觉系统来说, $f_0 \times t$ 之值接近 0.3。因此,人的听觉在较高的频率分辨率下可同时感觉到时间信号的快速变化。

由于人耳评价应是声音评价的最终标准,为得到能反映多数听觉正常人的听力等效测量

仪器,目前,德国、丹麦、美国等国家纷纷推出“用于音质主观评价的仿真头测量系统”,该系统可保持人的听觉及双耳分析处理,可评价声音的“响度”、“粗噪度”、“锐度”、“抖动量”等主观感受量,解决了传统测试仪器的不足。虽然,目前国际上人耳听力等效测量程序并未标准化,但人耳主观评价技术的运用仍不失为轮胎噪声测试评价手段改进的方向。

3 结语

目前,轮胎噪声测量方法尚无国际标准,国际上流行的 5 种方法各有利弊,测量方法的选取应根据工作目标及研究侧重点、投资额加以选取。评价方法将随着心理、生理声学及电声技术的发展而进步,相对传统测量,人耳主观评价技术的优势之处将随着“仿真头测量系统”的完善而得以充分显现。

致谢 向参加主观评价的所有人员致谢。

参考文献

- 1 Sandberg U, Ejsmont J A. The art of measuring noise from vehicle tires. SAE 1993 Transactions Journal of Passenger Car, 1993, 102: 1 677 ~ 1 695
- 2 Sandberg U, Ejsmont J A. Development of three methods for measurement of tire/ road noise emission: coast-by trailer and laboratory drum. Noise Control Engineering Journal, 1986, (11 ~ 12): 68 ~ 87
- 3 Buschmann J. Pass-by noise measurement with a noise-isolated car. Tire Science and Technology, 1996, 24(1): 2 ~ 10
- 4 Genuit K, David E. A new method for determining the subjective effects of sounds and vibration using an objective procedure. Proceedings of the 1993 Conference Noise & Vibration. Warrendale PA: Society of Automotive Engineers INC., 1993: 541 ~ 550

收稿日期 1998-12-24

Outside Vehicle Tire Noise Measurement and Evaluation

Dong Qin

[Shanghai Tire and Rubber (Group) Co., Ltd 200072]

Guan Yuanhong

(Shanghai Jiaotong University 200030)

Abstract The five tire noise measurement methods popular in the world were described and compared. The shortage of conventional evaluation method was analysed and confirmed by the test. It was

pointed that the laboratory drum test was the most suitable method for investigating the tire noise mechanism; the coast-by method and the pass-by noise measurement were suitable for engineering evaluation and optimization; the subjective assessment should have been considered in the evaluation of tire noise.

Keywords tire noise, measurement method, subjective assessment

轮胎翻新业大有可为

随着汽车产量和保有量的不断增加, 轮胎翻新的市场空间也将扩大, 预计这一行业几年内将大有作为。

轮胎翻新不仅能修旧利废、节约能源, 而且在环境保护方面具有重要的意义。我国每年需要翻新的轮胎资源约有 2 100 万条, 市场前景非常广阔。但与发达国家相比, 我国目前的轮胎翻新业还比较落后。我国现有轮胎翻新厂约 450 家。其中年产量不足 5 000 条的小厂占 84 % 左右, 尽管市场需求大, 但有些翻新厂家仍然胎源不足, 以致能力闲置。

造成这种状况的主要原因有: 我国轮胎翻新业存在设备陈旧、技术落后、人才匮乏、资金短缺及胎体品质不高等缺陷, 以致翻新的轮胎质量不高; 缺乏管理和保养, 加之当前运输业超载、超速现象及不合理操作极为严重, 直接影响了轮胎的使用寿命, 导致轮胎提前报废, 不能再翻新; 一些驾驶员和车主缺乏轮胎翻新再用的意识, 要么是不用到旧胎磨破、磨透不换胎, 要么是换下了旧胎也不去翻新, 造成资源浪费。

我国已跃居世界第 3 大轮胎生产国, 而我国的轮胎翻新业却相对滞后。据介绍, 我国的轮胎翻新率只有 15 % 左右, 也就是说, 在我国有大部分轮胎急需“起死回生”。因此, 必须抓住轮胎翻新潜在的商机, 在技术、设备、质量等方面采取得力的措施。

(摘自《中国化工报》, 1999-03-27)

倍耐力推出节能轮胎 P3000

英国《国际轮胎技术》1998 年 6 月号 7 页报道:

倍耐力用于中、小型轿车的 T 速度级轮胎中增加了 P3000 节能轮胎。这种轮胎是为原配胎和替换胎市场设计的。倍耐力将在其阿根

廷、巴西、意大利、土耳其和英国的工厂生产这种新产品。该胎兼有高性能轮胎和绿色轮胎的优点。

这种轮胎因减小了胎面胶用量, 所以降低了耗油量, 有利于环保。P3000 的低滚动阻力是通过轮胎胶料, 特别是胎面胶料、结构以及花纹各方面的改进获得的。

开始 P3000 将只在欧洲和南美洲销售, 但最终将销往世界上 60 多个国家。P3000 将加入包括 P1000, P2000 和 P200 在内的倍耐力 T 速度级轮胎行列。

(涂学忠摘译)

广州 1998 年私人购车增速

据广州统计局提供的资料显示, 1998 年广州私人拥有汽车 14.72 万辆, 比 1997 年增长了 43.34 %。这一情况表明, 随着全市居民生活水平的日益提高, 居民拥有私人汽车的愿望也在加强, 并且有能力购车的人也在增加。

资料显示, 1998 年年末, 广州市的汽车总量达到 30.09 万辆, 其中私人拥有量达到 48.92 %, 占有半边天。

(摘自《上海汽车报》, 1999-03-28)

西藏今年投资 11 亿元 进行公路建设

据西藏自治区交通厅介绍, 在近年来不断加快公路建设的基础上, 西藏今年又将投资 11 亿元, 重点进行公路的整治和改建工作。西藏是目前全国唯一不通铁路的省份, 近年来, 西藏先后进行青藏公路一、二期整治工程, 全区上等级的公路达到 9 820 km, 基本上形成了以拉萨为中心, 青藏、川藏公路为大动脉, 总通车里程达 22 万多公里的公路交通运输网。

(摘自《中国汽车报》, 1999-03-15)