

轮胎噪声评价指标研究

王卫防,葛剑敏,常传贤

[上海轮胎橡胶(集团)股份有限公司轮胎研究所,上海 200072]

摘要:分析了人听觉系统的特性和轮胎噪声的特点,阐述了用 Zwicker 响度替代 A 声级作为轮胎噪声客观评价指标的优点,并对 Zwicker 响度和 A 声级两种客观评价指标进行对比试验。结果表明,在评价精度要求不高时可采用 A 声级等常规指标进行粗略比较,而 Zwicker 响度评价结果和主观评价结果能较好吻合,宜作为轮胎噪声客观评价指标。

关键词:轮胎噪声;A 声级;Zwicker 响度;声质量;客观评价

中图分类号: TQ336.1

文献标识码: A

文章编号: 1006-8171(2000)06-0323-04

随着人们生活水平的提高和科学技术的发展,人们对汽车性能的要求也跃上了新的台阶,要求安静、舒适、无污染、低能耗;另一方面,城市日益拥挤的交通及人们环保意识的提高,对汽车制造技术也提出了新的要求。轮胎噪声就是其中日益突出和倍受关注的性能指标,而且轮胎噪声是汽车声源中极其重要的一部分。

究竟怎样评价轮胎的噪声性能,什么样的轮胎才是低噪声轮胎,这似乎是一个比较简单、定量的问题。但什么样的轮胎听起来感觉舒服却是复杂的问题,也是公众所真正关心的。用听感是否舒服这个指标对轮胎噪声进行评价本身有很大的主观性。怎样才能使评价结果和人们的主观感觉接近甚至等价呢?本文针对这个问题对轮胎噪声评价指标的选择进行了研究。

1 评价指标的选择

1.1 常规的评价方法

我们经常使用的声学评价参量有声压级(L_p)、声功率级(L_w)和 A 声级(L_A)。通常我们简单地以噪声的高低来衡量其声学性能,故可以简单地用这些指标来评价。其中, L_w 是从噪声声源的能量辐射能力角度来衡量的。但 L_p 和 L_w 这两个参量均不能很好地反映评价

对象的频谱结构,也没有考虑人耳对不同频段信号的灵敏度的差别。因此,声学工程师们模拟人耳对 40,70 和 100 phone 纯音的响应特性设置不同的计权网络^[1],这样就得到噪声评价参量 L_A , L_B 和 L_C 。由于 L_A 容易直接测定,且其计权网络的衰减特性是完全确定的,因此已被广泛采用。

1.2 结合心理声学的声质量评价

L_A 的评价对比结果是否能够很好地反映人的主观感觉,客观评价是否能接近甚至与主观评价相等价,均取决于其评价参量能够在多大程度上反映人的听觉系统的特点。现代心理声学^[2]的研究结果表明,人的听觉系统具有以下特性。

(1) 听觉系统的频域非线性灵敏度

图 1 所示为纯音自由场等响曲线图。从图 1 可以明显地看出,人的听觉系统对不同频段的信号具有不同的灵敏度,对于不同的响度级(L_N ,其中 N 代表响度),其等响曲线的坡度变化也不相同。显然, L_A 的计算对各频段的加权只是反映了人的听觉系统对 40 phone 纯音的灵敏度变化。

(2) 听觉系统的频域掩盖效应

图 2 所示为 L_p 为 60 dB 的正弦纯音的掩盖响度曲线,掩盖信号为截止频率为 1 kHz 的高通噪声信号(HPN),它在各临界频带内声压级均为 65 dB, f 为两信号间的频带距离。从

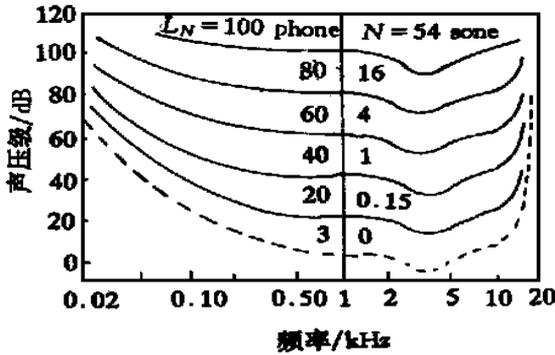


图1 纯音自由场等响曲线

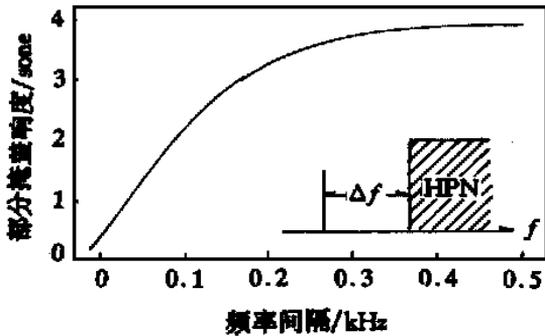


图2 纯音信号部分掩盖响度曲线

图2可以看出,高通噪声的存在会降低纯音信号的响度,二者离得越近,其掩盖响度会衰减得越快,当 $f = 0$ 时,掩盖响度接近零。由此可见,对于听觉系统来说,频段间的掩盖效应可显著地影响人的听觉。

(3) 听觉系统的时域掩盖效应

图3所示为持续时间为5 ms,声压级为60 dB的2 kHz的纯音信号。后面紧接着出现一个各临界带声压级均为65 dB的均匀激励噪声信号(UEN)时的部分掩盖响度曲线。不存在掩盖信号时,纯音信号响度为2 sone。 t 为两信号出现的时间差。显然,UEN的存在,尤其当 $t < 200$ ms时,会明显降低该纯音信号的响度;当 $t = 40$ ms时,其响度比没有掩盖信号时衰减了1/2;当 $t = 5$ ms时,纯音信号被全部掩盖。由此可见,听觉系统存在显著的时域掩盖效应。

由 L_A 的计算方法可知,它只是简单根据40 phone等响曲线对各个频带进行加权能量叠加,既不能准确反映听觉系统的频域非线性灵敏度,更不能反映听觉系统所特有的时域和频

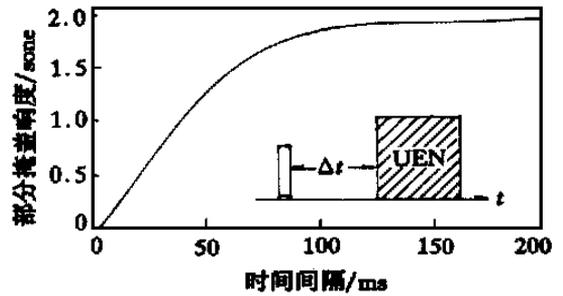


图3 纯音信号的部分响度曲线

域掩盖效应。因此, L_A 指标只适于对稳态的纯音信号进行接近主观的客观评价,或是在要求评价精度不高时对非稳态复杂信号进行粗略的对比。事实上,轮胎噪声是非稳态无规信号。

图4所示为一典型的轮胎噪声时域波形图,图5为其缩小1/3频程频谱图。从图4和5可清楚地看到,轮胎噪声频带宽,接近白噪声,只是能量在1 000 Hz附近比较集中,并非简单的纯音信号。故对于这样的信号, L_A 不能很好地反映人的主观感觉。Zwicker响度^[2]计算则充分考虑了人的听觉系统的非线性灵敏度以及时域掩盖和频域掩盖效应的影响,更适

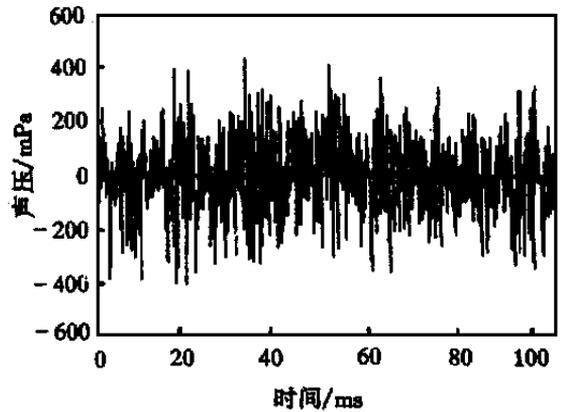


图4 轮胎噪声时域波形

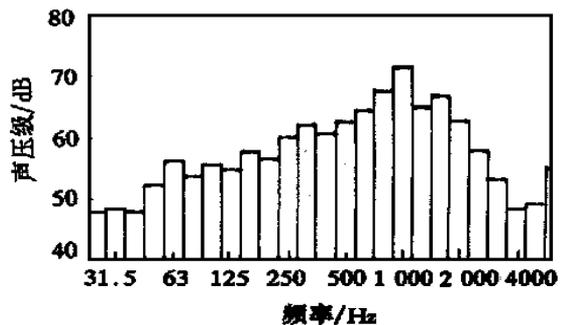


图5 轮胎噪声频谱图

合作为轮胎噪声这类信号的评价指标。

1.3 客观评价指标对比试验

为了对比不同评价指标对评价结果的影响,我们利用室内转鼓法,在轮胎转速为 $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, 载荷为 $7\,500 \text{ N}$, 充气压力为 280 kPa 情况下对 7 个不同花纹轮胎进行了测试,客观

评价结果如表 1 所示,其中响度值为根据 Zwicker 响度计算理论得到的客观响度。

从表 1 可以看出, L_A 值排序结果与根据响度得出的排序结果基本一致,但也不尽相同。其中, T_1, T_2 和 T_7 的排序就出现了分歧。图 6 和 7 分别为 T_1 和 T_2 的噪声频谱图。

表 1 轮胎噪声客观评价对比结果

项 目	花纹编号						
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7
响度/ sone	27.0(5)	26.2(4)	24.3(1)	28.0(7)	24.4(2)	25.1(3)	27.5(6)
L_A / dB	70.9(4)	71.2(6)	69.2(1)	71.4(7)	69.6(2)	70.0(3)	71.0(5)

注:括号中数字为根据响度或 L_A 值从低到高的排序号码。

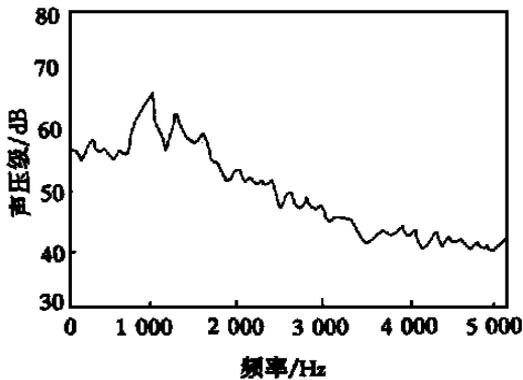


图 6 T_1 的噪声频谱图

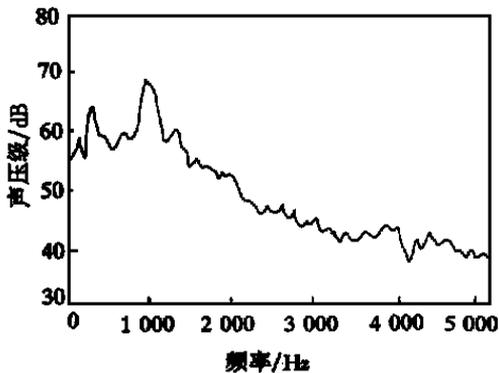


图 7 T_2 的噪声频谱图

从图 6 和 7 可以明显地看出, T_1 和 T_2 的噪声频谱有明显的区别。从总体上看二者有相似的包络变化,只是 T_1 的次高峰在 $1\,200 \text{ Hz}$ 附近, T_2 的次高峰在 300 Hz 附近。而表 1 的比较结果是 T_2 的 L_A 高于 T_1 , 而响度值则 T_2 明显低于 T_1 。利用现场录音进行的主观评价结果与利用 Zwicker 响度的评价结果一致, T_2

的噪声烦扰度明显低于 T_1 。Widmann^[3]为了对比 L_A 和 Zwicker 响度与主观评价结果的相关程度,分别利用 $L_A (L_{AFmax}, L_{AF5}$ 和 $L_{AF10})$ 和 Zwicker 响度 (N_5, N_{10} 和 N_{max}) 对汽车轮胎路面噪声进行了客观评价,并进行了主观打分,试验分析结果如表 2 所示。

表 2 客观指标评价结果

物理参量	与主观心理学烦扰度评价的均方差/ %
N_{max}	2.0
N_5	0.7
N_{10}	1.3
L_{AFmax}	25.5
L_{AF5}	16.1
L_{AF10}	31.1

表 2 的对比结果表明, L_A 评价与主观烦扰度评价有比较大的分歧,而响度评价结果和主观评价结果能较好吻合。由此可见,用响度测量值来进行噪声的客观评价比较接近人的主观感觉,相对于主观评价来说也是简单有效的。

2 结论

轮胎噪声是一种非稳态复杂无规信号,在要求评价精度不高时可以利用 A 声级等常规指标进行粗略简单的比较,但是有时会产生误导。Zwicker 响度计算则充分考虑了人的听觉系统的非线性灵敏度及时域掩盖和频域掩盖效应的影响,与主观评价有较高的一致性,宜作为轮胎噪声客观评价指标。

参考文献:

- [1] 赵松龄. 噪声的降低与隔离[M]. 上海:同济大学出版社, 1985. 71-78.
- [2] Zwicker E, Fastl H. Psychoacoustics: facts and models[M]. German: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1990. 181-214.
- [3] Widmann U. Evaluation of Noise Emissions of Cars Based on Loudness[J]. Proceedings of Inter-noise, 1996, 24(8): 2 205-2 209.

收稿日期: 1999-12-19

Study on criterion of tire noise evaluation

WANG Wei-fang, GE Jian-min, CHANG Chuan-xian

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

Abstract: The characteristics of human hearing system and the features of tire noise are analysed, the benefits from the replacement of Zwicker sound pressure level for sound level A as the criterion of objective tire noise evaluation are described, and a comparative test between two criteria, i. e. Zwicker sound pressure level and sound level A is carried out. The results show that the conventional criteria, such as sound level A is suitable for the less accurate evaluation; and the Zwicker sound level is a suitable criterion for objective tire noise evaluation because its result is well fitted to that of subjective tire noise evaluation.

Key words: tire noise; sound level A; Zwicker sound pressure level; sound quality; objective evaluation

川橡积极推进产品质量认证

中图分类号: F273.2 文献标识码: D

为使产品在激烈的市场竞争中立于不败之地, 企业管理水平再上新台阶, 川橡集团公司党政领导狠抓产品质量认证前期工作。目前, 公司又一次从质量、技术和装备线选派精兵强将赴川参加内审员认证资格培训, 这无疑为公司一次性通过产品质量认证提供了强有力的保障。

早在 1997 年, 以周文瑞同志为核心的公司领导就把功夫下在了提高产品质量上, 把眼光投向了国内和国际两个市场, 并确定了贯彻 ISO 9000 系列标准, 全面提高企业的质量管理水平, 取得进军国际市场通行证的目标。同时, 为了使质量认证工作有序、高效、扎实地进行, 公司成立了以总经理为首的认证领导小组, 并按 ISO 9000 系列标准建立了质量管理体系, 制定了《质量手册》和 20 个程序文件, 近百个支持性文件, 健全了 480 余种记录、报表和流转卡, 并在全体员工中举办了十多种不同层次和方式的贯标培训班。始终把“科学设计、规范管理、

精细操作、为用户提供高品位的产品”和“夯基础、贯标认证, 抓过程、控制要素, 铸名牌、高速高效”作为公司的质量方针和目标, 明确每个部门、工序和岗位的职责权限, 把标准落实到每个员工的管理行为之中。“功夫不负有心人”, 1997 年年底, 公司一次性通过了 ISO 9001 质量体系认证, 并获得了由四川三峡质量保证中心颁发的认证证书。

1999 年是轮胎行业自建国以来最困难的一年, 面对残酷的市场竞争, 公司领导一如既往地贯彻“质量第一”的方针, 始终从战略高度抓产品质量认证工作。为确保产品质量认证的一次性通过, 公司一方面投入约 2 000 万元资金着手硬件的改造和更新, 另一方面积极开展公司内外培相结合的各种培训活动, 努力提高职工业务技能和思想素质, 以造就一支高素质的职工队伍。

多一分耕耘, 多一分收获, 愿川橡早日通过 ISO 产品质量认证。

[四川轮胎橡胶(集团)股份有限公司
王建斌供稿]