

# 轮胎噪音的噪音特性研究

张翠梅,孔永健

(北京交通大学土木建筑工程学院,北京 100044)

**摘要:**为了从路面与车轮接触方面研究如何降低交通噪音,文章从声学基本概念入手,结合人耳听觉特性,从现场测量和实验室测量两方面对轮胎噪音的声学特性进行了分析,最后得出低噪音路面设计中几个重要指标的建议取值。

**关键词:**道路路面;交通噪音;频谱;频响特性;等效连续 A 声级;轮胎噪音

**中图分类号:** TB 53 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2006)02-0100-02

## 0 前言

机动车辆在道路上行驶辐射的交通噪音由两部分组成,包括动力噪声和轮胎噪声。动力噪声的强度主要取决于发动机的转速,与车速、路面坡度有直接关系;轮胎噪声是指轮胎与路面的接触噪声,它的大小主要取决于车速,其强度随车速的增大而增大。当车速大于 50 km/h 时,轮胎噪声就成为小客车与轻型载重车噪声的主要部分。

## 1 噪音的声学基础

噪音是由各种不同频率、强度的声音组合而成。一般认为 40 dB 是人类正常的环境声音,高于这个值就可能造成一些危害。噪声的特性<sup>[1]</sup>包括两方面:

(1) 物理特性,如声压、声压级和频率等。

声压是指声波在通过介质时所发生的附加压强。发声物体的振幅越大,声压越高,听起来越响。声压级是声音的实际声压与基准声压之比,取以 10 为底的对数,再乘以 20,声学上常用它来标量声音的强弱。它的数学表达式,即声压级的数学公式为:

$$L_p = 20 \lg(p/p_0) \text{ (dB)}$$

式中:  $p$  为被测声音的声压;  $p_0$  为基准声压,不同频率下的基准声压值不同。

(2) 生理特性,如声音的频谱、响度和响度级等。

声频谱是指组成复音(频率不同的简谐成分合成的声波)的强度随频率而分布的图形,大体有线状谱,连续谱和复合谱三类;而交通噪音就属于连续

谱,即一定频率范围内的一条连续曲线。而发声物体的振幅越大,声压越高,噪声的响度越大。

## 2 人耳的听觉特性

人耳对噪声的感知不仅与噪声的声压大小有关,还与噪声的频谱构成有很大的关系,研究表明人耳对于频率在 1 000-4 000 Hz 范围的声音最为敏感。在可听声的频率范围内,频率高的声音,人感觉到音调高,频率低则感觉到音调低。而可听声频率范围十分宽,大约从 20~20 000 Hz。人耳对声音的辨别能力不是声压差,而是按声压和声压的对数关系计量的绝对值倍数。

在噪声评价当中,有关经验表明不论声音强度是高是低,A 声级都可以比较好地反映人耳对噪声吵闹的主观感觉<sup>[2]</sup>,因为它对于人耳不敏感的低频声衰减多些,中频衰减少些,高频不衰减甚至稍微放大。此外,在所有的评价方法中,A 声级同人耳的损伤程度也能对应得很好,A 声级越高,损伤越严重。在实际测量中是用等效连续 A 声级来计量的,它是在考虑了噪声与频率之间关系的 A 声级基础上,进一步考虑了噪声持续时间产生的影响。等效连续 A 声级可用于测量持续时间不同的起伏波动噪声。

## 3 轮胎噪音的声学特性分析

在可近似为自由声场的公路上,轮胎噪声在反射面上扩散传播时,破坏干涉发生在高频声波部分。这是因为轮胎噪声声源靠近路面(一般不超过路面上 5 cm),声源声波和反射声波的相位差较小,破坏干涉只可能发生在小波长声波(即超过 8 000 Hz 的高频噪声)。但是,轮胎噪声在多孔隙降噪路面的表面上扩散传播时,由于附加相位差的变化,使破坏进一步在低频(一般为 800~1 000 Hz)声波部分发生,

收稿日期:2005-07-21

基金项目:北京交通大学校基金,任务编号 2002SM007。

作者简介:张翠梅(1980-),女,山西忻州人,北京交大在读硕士,主要从事交通土建科研工作。

合声压降低。这部分声波正是轮胎噪声能量的主要构成部分。

### 3.1 频谱特性分析

噪声的频谱分析是借助于测得的频率域内的声压信号分析其频率结构。一般是以频率为横坐标,主要声学参量(如声压级,声强级,声功率级)为纵坐标的图形。在噪声控制中,对连续谱的噪声用1倍频程或1/2倍频程的中心频率值为横坐标,声压级为纵坐标,绘出的折线来表示噪声的频谱图。

在室外的现场测量中一般是应用单车车辆噪声测量方法进行测量。可测得不同频率下的声压级,以便进行频谱分析。在测量时采用声级计快档A计权声级,在开阔地带进行测量。

#### 3.1.1 倍频程的概念

由于声频范围很广,从低频到高频达到1000倍,一般不可能也没必要对每个频率逐一测量。为了方便和实用上的需要,通常将声频范围划分为若干个较小的段落,称之为频程(或频带)。频程的上、下限截止频率值之差称为带宽。

倍频程数  $n$  与频率的关系式是:

$$n = \log_2 \frac{f_2}{f_1}$$

式中:  $f_2, f_1$  为任一频程的上限频率和下限频率,单位 Hz。  $n$  为正实数,  $n$  越小,分的越细,频程越短,测量所需时间越多。当  $n=1$ ,称为倍频程,即两个频率相距1倍;  $n=1/3$ ,称为1/3倍频程,依此类推。

#### 3.1.2 中心频率的概念

各倍频程的中心频率值  $f$  是指上限和下限频率的几何平均值,即:  $f = \sqrt{f_1 \times f_2}$ 。

### 3.2 频响特性分析

声学上常用吸声系数来描述路面材料的声学特性。所谓吸声系数是指被材料吸收的声能与入射到材料表面的声能之比。吸声系数越大,材料的吸声性能越好。当入射的声能被材料全部被吸收时,吸声系数等于1。材料的吸声系数与声波的频率及入射角度有关。一般将声波垂直入射到材料表面的吸声系数称为垂直入射吸声系数。

#### 3.2.1 频响特性

在实验室内对不同孔隙率的试样进行驻波管法测量,可以得到各种试样的垂直入射系数与频率关系的频响特性。具体方法是在驻波管的一端安装被测试件,另一端由扬声器发出单频简谐声波。声波在管内以平面波形式传播,经试样表面反射形成驻波声场。测量驻波声场的声压极小值与声压极大值

的比值,即可确定试样在不同频率下的垂直入射吸声系数,而有利于研究的是它的峰值及其峰值对应的频率。它与材料的孔隙率,厚度等有关。

#### 3.2.2 吸声系数峰值与孔隙率和厚度的关系<sup>[4]</sup>

经过以上的测量再进一步分析表明,垂直入射吸声系数的峰值与试样的贯通孔隙率(试样中与外界相通的孔隙)之间存在明确的相关性。贯通孔隙率  $\Omega$  越大,吸声系数的峰值  $\alpha_p$  也越大。对于不同厚度的试样,二者拟合关系式不同。比如60 mm厚度的试样,有关资料给出两者之间的关系:

$$\alpha_p = 0.042\Omega - 0.053$$

沥青路面的孔隙包括连通孔隙和封闭孔隙,两者之和为全孔隙率。贯通孔隙对排水和吸收噪声将起到有效作用,也称为有效孔隙。有关资料<sup>[3]</sup>表明,贯通孔隙率  $\Omega$  与全孔隙率  $\sigma$  之间也存在着明确的线性关系:  $\Omega = \sigma - 8.5\%$

随着试件厚度的增加,吸声系数峰值所对应的频率逐渐向低频方向移动。表1是不同厚度试样在同一孔隙率下的  $\alpha_p$  所对应的频率。

表1 不同厚度试样的  $\alpha_p$  所对应的频率

厚度 $d$ (mm)	39	41	58	62.4	63.4
峰值频率 (Hz)	800	780	620	500	450

## 4 结语

(1) 轮胎噪声声音对人产生的影响不只与噪声客观特性有关,还与人的主观因素有关;

(2) 大孔隙的低噪声路面有明显的降噪效果;

(3) 为了获得稳定的声学性能和适宜的频响特性,路面的铺筑厚度宜为40 mm左右;

(4) 从声学角度而言,低噪声路面的孔隙率要尽可能高,但是考虑到铺筑工艺、路面的力学性能和使用寿命等因素,结合有关资料<sup>[5]</sup>建议初始孔隙率定为15%~20%范围内。

#### 参考文献

- [1] 王炜, 项乔君等. 城市交通系统能源消耗与环境影响分析方法[M]. 科学出版社, 2002.
- [2] 秦禄生. 河北省交通厅公路管理局. 低噪声沥青路面结构研究[A]. 第一届全国公路科技创新高层论坛文集: 新技术新材料与新设备卷[C].
- [3] 杭州市公路管理处 徐建达等[J]. 公路, 1998, (1).
- [4] 同济大学 王佐民, 吕伟民等. 低噪声沥青路面声学特性的理论初探[J]. 同济大学学报, 1997, 25(4).
- [5] 同济大学 王佐民, 吕伟民等. 低噪声沥青路面的声学性能[J]. 中国市政工程, 1997, (4).