

高架复合道路交通噪声的声屏障 A 计权声插入损失的计算

陈子明 王恕铨

(青岛海洋大学物理系, 青岛 266003)

摘要 为解决高架复合道路声屏障的声插入损失的计算问题, 本文阐述了高架复合道路在不同位置设立的声屏障, 在车辆类型不同、车速不同及车流量不同的条件下对交通噪声 A 计权声插入损失的计算方法。理论模型的计算结果与实测值基本相符, 误差在 1.5 dB(A) 以内。该模型在车流量较低的夜间, 对衡量设立声屏的高架复合道路噪声及其对环境的影响程度有重要实际意义。

关键词 交通噪声, 高架复合道路, 声屏障, 插入损失计算。

高架复合道路交通噪声防治的有效措施之一一是设立声屏障。但由于高架上层道路和高架下地面道路上行驶的机动车辆的类型、车速明显不同, 车流量也不同, 因而其交通噪声的声源性质不同, 声屏障对其噪声的插入损失的计算也不相同。本文提出声屏障对高架复合道路交通噪声的 A 计权声插入损失的计算方法, 对于声屏障设立后的声场分布的预测及声屏插入损失的衡量具有指导意义。

1 高架复合道路的声场分布特点

1.1 双层高架道路交通噪声的声场划分

典型的高架复合道路是双层高架路, 可将其复杂声场分解成 2 种单型路(高架上和地面道路)交通噪声的声场的叠加。由几何声学理论可知, 当高架路两侧无建筑物时, 高架路上层道路的车辆流声源辐射的噪声, 可将其附近空间划分为由直达声和反射声形成的声照区 I, 直达声、反射声和衍射声形成的声混合区 II' 及只由衍射声形成的声影区 III', 如图 1(a) 所示; 高架下地面道路上车辆流声源辐射的噪声, 可将其附近空间划分为声照区 I'、声混合区 II' 和声影区 III', 如图 1(b) 所示。

由图 1(a)、(b) 可知, 声场空间任一点的声

级值都是由这种几乎相反的区划声场声级叠加而成。高架上层道路的防撞护栏和外加声屏障的总高度与上层路宽决定着 I、II、III 3 个声区大小的划分; 上层路宽、上层路面距地面的高度、地面声源与上层路面的相对位置决定着 I'、II'、III' 3 个声区大小的划分。

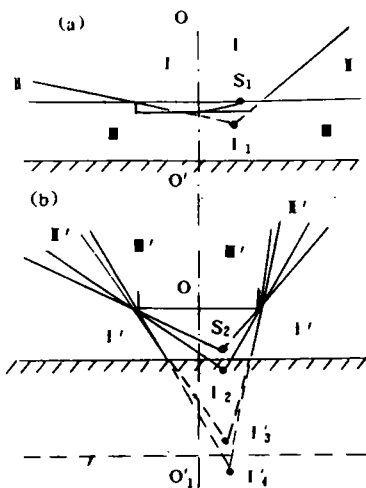


图1 高架路上、下层声源形成的声场划分示意图

1.2 声屏障与等效声屏障

研究表明, 只在高架路上层道边安装声屏

障不能有效降低高架复合道路的交通噪声对环境的污染,必需同时在上层道边和地面路边适当位置设立声屏障并采取其他防噪措施,才能达到降噪目的。本文着重讨论声屏障的作用,其他防噪措施将不论及。

高架上层道边防撞护栏与声屏障可视为高架路声学结构的一部分;高架下道边适当位置的声屏障的高度与类型视具体情况而定。

高架上层道路本身可视为一个无限长有限宽的声屏障,对上层声源向下半空间辐射噪声而言,它是一个声屏障,声源距此屏障平均约 0.8 m(车辆流声源平均高度);对下层地面声源向上半空间辐射噪声而言,它同样是一个声屏障,声源距此屏障一般约 5.5—7 m(此距离常随地形而变),距反射面(地面)平均约 0.8 m。为理解其等效声屏障作用,将高架复合道路横剖面示意图旋转 90°,则如图 2 所示。由图 2 可知,上层道路对于上层声源为一折臂是 90°的声屏障,折臂长 4—5 m(无屏障时,折臂长等于护栏高度,为 1 m 左右),对下层声源它是一个直立声屏障。

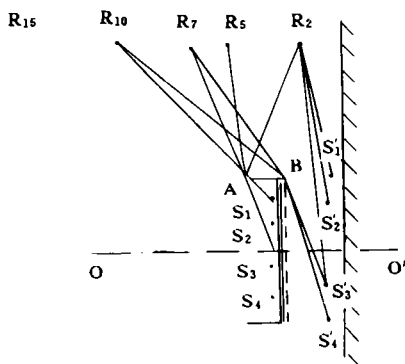


图 2 路高架上层道路的声屏作用示意图

2 高架上下层道路声源性质分析

以上层和地面道路均是双向 4 车道的双层高架道路为例进行分析。设上层道路宽度为 18.5 m,车速为 60 km/h(或 80 km/h),内车道行驶小车类为主,外车道行驶中型、轻型车辆为主;地面道路车速为 40 km/h,可行驶各类车辆,但大、中型车占比例较大,公共汽车和摩托

车全部在地面道路上行驶,无匝道的道路红线宽 50 m。

2.1 车辆流声源的频谱

以相同车速匀速行驶时,重型车比小客车的噪声级高约 15 dB(A);高速行驶时,与重型车相比,轻型车的中高频噪声相对增加较快,小客车与其类似。在加速行驶时,所有机动车辆的整个频段的噪声都有明显增加,小客车的中高频噪声成分比重型车增加的快^[1]。由于上层道路车速高于地面车速,可知上层道路车辆流的噪声中高频成分多于地面车辆流。

2.2 车流量的声源性质

交通道路上,车流量高时,可视车辆为流动线性声源,车流量甚低时,则可视其为点声源;当车流量较小时,它是介于点源与线源之间的声源,辐射的噪声值不稳定,是时间 t 的周期性函数。车辆流密度与观测点的距离有关。高架上层车辆流因不受交通信号控制,为较稳定声源。而地面上车辆流为间断声源段。高架上车流当等效集中到高架路中心线时,多数情况下可视为线声源,但这种等效在计算有声屏的声传播衰减而声程差为 0 时,声屏的插入损失并不为 0,因为近车道声源的声程差不为 0。此时应考虑近车道声源的贡献,但近车道车辆流有时不能视为线源。高架下地面道路主要是同侧车辆流噪声的贡献,远侧贡献小。除车道全在两桥墩之间的地面路段外,对位于两桥墩两侧的地面道路不宜将车流量集中到中心线等效处理。昼间车辆流常可视为线声源,夜间多不能。故在预测夜间噪声而涉及声屏插入损失时,以线声源模式计算是不合理的。

2.2.1 点声源对应的车流量上限

如图 3 所示,当处于 A、O 两点位置上 2 辆车的行驶噪声辐射到受声点 P 的声级差 ≥ 10 dB 时,可视车辆流为点声源辐射。经计算与实测,得到可视为点声源时车流量 Q 与车速 v 、测距 r_0 3 者之间的关系如图 4。

对于高架上层道路,测距 r_0 为 30 m(r_0 为高架路中心线到临街建筑物外 1 m 处的水平距离,当道路建筑红线宽 50 m 时, $r_0=30$ m),车

速为 60 km/h, 由图 4 得出, 可视为点声源的车流量的上限为 200 辆/h; 对于高架下地面道路, 其测距 r_0 为 20—24 m (r_0 为一侧地面道路的中心线到临街建筑物外 1 m 处水平距离), 车速为 40 km/h, 由图 4 得出可视为点声源的车流量上限为 200 辆/h.

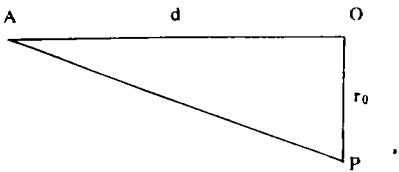


图 3 车辆流的点声源示意图

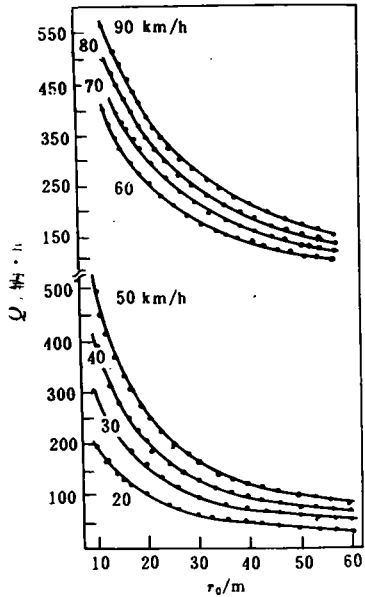


图 4 点声源的车流量上限曲线

2.2.2 线声源对应的车流量下限

对于统计平均声级, 当 $r_0=30$ m、车流量 $Q \geq 1000$ 辆/h 时, 车流量每增加 1 倍, 则声级增加 3 dB^[1]. 以此作参照, 当 $Q=1000$ 辆/h 时, 按线声源模式计算值与实测等效声级值之差为 1.2 dB(A), 当 $Q=800$ 辆/h 时, 其差值为 1.5 dB(A), 见表 1. 表 1 的实测值为尽量保持其他条件不变仅车流量变化, 进行多次测量的结果. 实测中发现, 即使车流量高, 如 $Q=2000$ 辆/h, 其实测值也比线声源模式计算值低 0.9 dB(A), 这是车辆之间必须保持一定间距之故.

由于当前尚无城市快速干道行车间距的规定, 参照关于高速公路行车时速在 70 km 以下

表 1 不同车流量交通噪声理论计算与实测值(测距 30 m)的比较/dB(A)

车流量/辆·h ⁻¹	300	500	600	700	800	1000	1500	2000
计算值	64.0	66.4	67.4	68.1	68.7	69.6	71.4	72.6
实测值	61.9	64.5	65.7	66.7	67.5	68.5	70.4	71.7
差 值	5.2	3.1	2.4	1.8	1.5	1.2	1.0	0.9

的行车间距不得少于 50 m^[2]和城市道路行车最高时速的规定^[3], 当测距 $r_0=30$ m, 车流量 $Q=800$ 辆/h, 恰符合上述规定. 当 $Q=1000$ 辆/h 时, 间距略小. 再从声级考虑, 当车流量 $Q=800$ 辆/h 时, 车流量增加 1 倍, 声级亦近增 3 dB, 且高架路下地面行车速度事实上将在 20—50 km/h 范围内波动. 因此, 当 $Q>800$ 辆/h (单车道或多车道等效为单车道线) 为线声源.

综上所述, 在应用计算中, 当测距为 30 m, 车流量在 200 辆/h 以下, 可视为点声源; 800 辆/h 以上可视为线声源. 在 200—800 辆/h 间车辆流声源为波动性较大的间断流源.

3 声屏障 A 计权插入损失的计算模式

3.1 线声源噪声的声屏插入损失

声屏障对线声源噪声的 A 计权声插入损失由式(1)给出^[4]:

$$\Delta L_A = \begin{cases} 10\lg \left[\frac{3\pi \sqrt{1-t^2}}{4\text{tg}^{-1} \sqrt{\frac{1-t}{1+t}}} \right] & (t \leq 1) \\ 10\lg \left[\frac{3\pi \sqrt{t^2-1}}{2\ln(t + \sqrt{t^2-1})} \right] & (t \geq 1) \end{cases} \quad (\text{dB(A)}) \quad (1)$$

$$\text{式(1)中, } t = \frac{40f_c\delta_0}{3c} \quad (2)$$

式(2)中, $c=340.0$ (m/s), δ_0 为声程差(m), f_c 为等效频率(Hz). 由前分析, 高架上层道路噪声取 $f_c=500$ Hz^[5], 高架下地面噪声 $f_c=400$ Hz^[4].

3.2 点声源噪声的声屏插入损失

声屏对点声源噪声的插入损失由式(3)给出.

$$\Delta L_A = 5 + 20\lg\left[\frac{\sqrt{2\pi N}}{th\sqrt{2\pi N}}\right] \quad (\text{dB(A)}) \quad (3)$$

式(3)中: $N = \frac{2\delta_0}{\lambda} = \frac{2\delta_0 f}{c}$ (4)

当 $N \geq 1$ 时:

$$\Delta L_A = 10\lg N + 13 \quad (\text{dB(A)}) \quad (5)$$

对于交通噪声, f 仍可取等效频率 f_e : 高架上层道路 $f_e=500$ Hz, 地面道路 $f_e=400$ Hz.

3.3 点源与线源之间噪声传播的声屏插入损失
由前分析, 当测距 $r_0=30$ m 时, 车流量由 200 辆/h 变化到 800 辆/h 时, 则声源由点源过渡到线源. 在应用计算中, 对 200—800 辆/h 范围内的交通噪声声屏插入损失, 可用式(1)与式(3)分别计算出再求其算术平均值. 表 2 为理论计算值与实测结果的比较. 实测值为尽量保持其他条件不变时多次实测结果的平均值.

表 2 间断流声源噪声的声屏插入损失计算值与实测值(测距 30 m)的比较/dB(A)

车流量 /辆·h ⁻¹	200	250	300	400	500	600	800	1000	2000
计算值	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5
实测值	16.1	15.8	15.4	14.0	13.9	13.3	13.1	12.8	12.5
差 值	-1.6	-1.3	-0.9	-0.5	0.6	1.2	1.4	1.7	2.0

由表 2 可知, 当车流量在 200—800 辆/h 范围内, 由式(1)和式(3)分别计算, 再求其算术平均的声屏插入损失, 计算值与实测值的差值为 ± 1.5 dB(A), 在实际应用允许误差范围内.

4 高架复合道路声屏插入损失的计算与实测

4.1 计算与实测结果

青岛市目前还没有在高架上层道边和高架下地面道边同时设立声屏障的高架复合道路, 只能分别选择类似上层道路行车而地面不行车的高架路段及非高架路的道边设立声屏障的干线路段, 进行理论计算和现场实测, 将其结果进行比较. 铁港路桥杭州支路高架路段为较理想的这种高架路段, 太平路水晶城工地段为较理想的这种非高架路段. 这 2 段路的交通噪声的声屏障 A 计权插入损失的计算与实测结果分别见表 3 和表 4.

表 3 太平路交通噪声的声屏 A 计权插入损失¹⁾/dB(A)

测高度/m	-3.8	-0.8	1.2	4.2	7.2
计算值 $\Delta L_{\text{算}}$	19.0	17.6	12.9	10.6	3.2
实测值 $\Delta L_{\text{实}}$	18.1	16.8	11.8	9.6	1.9
差 值	0.9	0.8	1.1	1.0	1.3

1) 测点水平距离 19 m 2) $\Delta L_{\text{算}}$ 为不同车流量条件下兼用不同计算模式所得的声插入损失的算术平均值 3) $\Delta L_{\text{实}}$ 为相同车流量时多次所测结果的算术平均值

表 4 铁港路桥高架路段交通噪声的声屏 A 计权插入损失¹⁾/dB(A)

测点高度/m	1.2	4.2	7.2	1.2	4.2	7.2
计算值 ΔL_A	17.2	15.7	12.8	16.0	14.2	11.0
实测值 ΔL_A	16.3	14.6	11.8	15.0	13.0	9.9
差 值	0.9	1.1	1.0	1.0	1.2	1.1

1) 测点水平距离 13 m

4.2 结果分析

从表 3 表 4 可以看出, 无论是地面道路还是高架上层道路, 其声屏障的 A 计权声插入损失的理论计算值与现场实测结果相差 1.3 dB(A), 即在 1.5 dB(A) 以内. 计算值是根据每次实测时段内不同车流量而采用相应的计算模式得到的结果, 可见本研究采用的计算模式可用. 同时也表明, 高架上层道路等效为无限长有限宽声屏障是正确的.

5 结束语

本研究从实际应用出发, 探讨高架复合道路交通噪声对声屏障的 A 计权声插入损失的计算方法, 采用点源模式、线源模式与二者的折衷平均以及等效频率, 使道路两侧声场分布的预测结果较接近实际声级值, 在工程应用中已可满足要求.

参 考 文 献

1 任文堂等. 交通噪声及其控制. 北京: 人民交通出版社, 1984; 181—184, 327—328
2 公安部. 高速公路交通管理暂行规则. 1990; 40—41
3 中华人民共和国. 道路交通管理条例. 北京: 人民交通出版社, 1988; 18—19
4 章力等. 声屏障对交通噪声的 A 计权声插入损失, 同济大学学报, 1989, 17(2): 265
5 Chye H C and Kah B L. Facade Effects on the Traffic Noise from the Expressway. Applied Acoustics, 1994; 41, 47—62

by Plasma. Liu Zhengchao et al. (Environ. Science Institute, Fudan University, Shanghai 200433), Pan Xuxi et al. (Dept. of Physics I, Fudan University, Shanghai 200433); *Chin. J. Environ. Sci.*, 17(6), 1996, pp. 21—23

In order to apply plasma technology in environmental protection, and find a new way to treat air pollutants, the experiment selected CF_2ClBr , a kind of chemical stable extinguisher as the research material, and the influence of He , N_2 , O_2 and air in degradation of CF_2ClBr by plasma was studied, and CF_2ClBr was successfully degraded at normal pressure. The main products of degradation were similarly to only degrading CF_2ClBr when He or N_2 was added to the degradation system. The degradation products was mainly CF_2O , Br_2 , Cl_2 in the presence of O_2 and air. The order of extra gases influencing degradation of CF_2ClBr was following: $\text{He} < \text{N}_2 < \text{O}_2$, air.

Key words: CF_2ClBr , plasma, degradation.

Photodissociation of CF_2ClBr at 185 nm of Ultraviolet Radiation. Duan yang et al. (Institute of Environmental Science, Fudan University, Shanghai 200433), Zhu Shaolong et al. (Institute of Electric Light Sources, Fudan University, Shanghai 200433); *Chin. J. Environ. Sci.*, 17(6), 1996, pp. 24—26

The photodissociation of CF_2ClBr and its photooxidation at the existence of O_2 at 185 nm of ultraviolet radiation were studied using low pressure mercury lamp. The results showed that the dissociation of pure CF_2ClBr at 185 nm of ultraviolet radiation is a balance reaction, and the ultimate dissociation rate is about 26%. The dissociation of CF_2ClBr is a first order reaction and the rate constant is $1.70 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ at the existence of O_2 . The dissociation procedure of CF_2ClBr at 185 nm of ultraviolet radiation and the mechanism of its photoreaction with O_2 was discussed.

Key words: CF_2ClBr , photodissociation, photooxidation.

Computation of the A-Weighted Insertion Loss for Sound Barriers Used in Traffic Noise Control of Elevated Complex Road. Chen Ziming and Wang Shuquan (Dept. of Physics, Ocean University of Qingdao, Qingdao 266003); *Chin. J. Environ. Sci.*, 17(6), 1996, pp. 27—30

In order to solve the problem of computing the insertion loss of sound barriers used on elevated complex roads, this paper presented the computation method of the A-weighted insertion loss of sound barriers installed at different positions for different types of vehicles, different speeds, and different vehicle flows. It was found that the computational results are generally in agreement with measurements, the error is less than 1.5 dB(A). This model is of practical significance for the estimation of traffic noise of elevated complex roads with sound barriers, especially at night when traffic flow is relatively low.

Key words: traffic noise, elevated complex road, sound barrier, insertion loss computation.

Basic Study for the Formation of Trihalomethanes (THMs) in Chlorination Process of Humic Acid. Pan

Jinfang and Zhang Danian (East China University of Science & Technology, Shanghai 200237), Maeda Yasuaki and Kitano Masaru (Osaka Prefecture University, Sakai, Osaka, Japan); *Chin. J. Environ. Sci.*, 17(6), 1996, pp. 31—33

In order to study carcinogenic by-products for example chloroform in disinfection of drinking water with chlorine, the research on reaction between low molecular weight humic acid and sodium hypochlorite which produced chloroform was carried out. The experimental results indicated that under certain temperature, certain concentration of sodium hypochlorite and pH, the amount of chloroform produced increased with the increase of the concentration of humic acid. When pH was in the range of 7.3—9.0, the chloroform-producing rate was the fastest. When pH was higher than 9.0, the chloroform-producing rate decrease with the increase of pH. The amount of chloroform produced was in direct proportion to temperature. The activated energy that chlorinated humic acid to chloroform was 51.8 kJ. So the effective way to decrease the concentration of chloroform was to decrease the concentration of humic acid in the water.

Key words: humic acid, chlorination, chloroform.

A Study on Photocatalytic Reduction of Cr(VI) in Aqueous Solutions Using Ultrafine Powders of Oxide Semiconductors. Dai Xiaming, Chen Yonghua et al (Beijing Fine Ceramic Laboratory, Tsinghua University, 102201, Beijing); *Chin. J. Environ. Sci.*, 17(6), 1996, pp. 34—36

The photocatalytic reductions of Cr(VI) in aqueous suspensions of ZnO/TiO_2 under UV illumination were investigated. The study had been performed by determination of the amount of Cr(VI) photoreduced at different kinds of irradiations, different reaction times, pH and organic additives. The results obtained showed that the concentration of Cr(VI) decreases apparently by the new kind of treatment. The efficiency of ZnO is higher than TiO_2 in same reaction condition. The concentration of Cr(VI) is reduced from 100 mg/L to below 0.47 mg/L after 90 min treatment by using ZnO powder as catalyst at optimum condition. It was found that the presence of organic additive and the lower pH can increase the reduction ratio of Cr(VI) . The reaction mechanism and the relation between reaction rate and Cr(VI) concentration were also discussed. The technique is convenient for existing industrial processing of reduction of Cr(VI) .

Key words: photocatalytic reduction, Cr(VI) , ZnO/TiO_2 .

Pressurized Thermogravimetric Study on the Reaction of Desulfurization by Limestones and Dolomites. Qiu Kuanrong et al. (Dept. of Coal Utilization, China, Univ. of Min. & Tech., Xuzhou 221008); *Chin. J. Environ. Sci.*, 17(6), 1996, pp. 37—39

The desulfurization reaction of limestones and dolomites was studied by pressurized thermogravimetric analysis method. Results showed that the rate of converting CaCO_3 to CaSO_4 of four limestones and two dolomites is in-