

# 高速公路交通噪声预测方法的应用分析

## ——以崇明越江通道工程为例

程军 陈曙军

(上海市黄浦区环境监测站, 上海 200011)

**摘要:**以崇明越江通道工程环保验收噪声监测为例,通过所取得的声断面衰减的监测结果与采用《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ 2.4-2009)推荐模式和德国 Cadna/A 环境噪声模拟软件得出的多个预测结果进行对比,提出了虽然现行的环境影响评价技术导则模式和 Cadna/A 软件在进行噪声预测时具有较好一致性,但在考虑地面建筑物对声音的衰减时,两种预测方法得出的结果都较为保守,建议应结合 GB/T 17247.2 的地面衰减计算公式进行修正。

**关键词:**高速公路; 噪声; 预测模型; 衰减

中图分类号: X839.1

文献标识码: B

文章编号: 1006-2009(2011)S<sub>0</sub>-0084-07

# Analysis for Application of Highway Traffic Noise Prediction Method

## ——Taking Yangzi River Chongming Channel as an Example

CHENG Jun, CHEN Shu-jun

(Shanghai Huangpu Environmental Monitoring Station, Shanghai 200011, China)

**Abstract:** By taking the environmental protection engineering inspection of Chongming Tunnel as an example, and by studying the monitoring results of the noise section in Chongming Tunnel, and by comparing the proposed module of “Technical Guidelines for Environmental Impact Assessment” with the predicting results made by Germany Cadna/a Ambient Noise Simulation Software, research work indicated that although nowadays technical guidelines for environmental impact assessment and Cadna/A had a good conformance at predicting noise levels but these two prediction methods were still relatively conservative if ground structures caused sound decrease. Suggestion was made for combining the national standard “GB/T 17247.2 Acoustics—Attenuation of sound during propagation outdoors—Part 2: General method of calculation” to correct the computed results.

**Key words:** Highway; Noise; Prediction model; Attenuation

为进一步适应我国公路建设发展的需求,国家环保部于2009年发布了新的《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ 2.4-2009)(以下简称《声环境导则》)替代《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ 2.4-1995),在《声环境导则》中对公路噪声的预测模式进行了修正<sup>[1]</sup>,道路声源源强和衰减项计算都有较大变动。

崇明越江通道工程是国家高速公路网规划中的G40沪陕高速(上海段)的重要组成部分,是一个典型的高速公路,实际运行的车流量和车型比例符合噪声预测模式的要求。根据现有的交通状况进行多种预测模式计算和实测的比对,可以较好地

反映出预测数据与实测结果的差异,以供此类项目的环境评价工作借鉴。

### 1 预测模式及应用软件介绍

#### 1.1 《声环境导则》预测推荐模式

《声环境导则》对我国的公路(道路)在《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ 2.4-1995)所推荐使用的FHWA公路交通噪声预测模式基础上,将参考位置距离由15 m改为7.5 m,把地面修正

收稿日期:2011-11-08

作者简介:程军(1970—),男,贵州遵义人,工程师,学士,从事环境监测与管理工作。

项移出,与遮挡物修正项合并,并修改了有限长路段的修正函数。声导则推荐模型的预测主要是先分别对不同类型车辆进行等效 A 声级进行预测,然后再将其进行叠加,得到总车流的预测等效 A 声级。

### 1.1.1 总车流等效 A 声级

$L_{eq}(T)$  为总车流等效声级的等效 A 声级,其值按下式计算。

$$L_{eq}(T) = 10 \lg(10^{0.1L_{eq}(h)大} + 10^{0.1L_{eq}(h)中} + 10^{0.1L_{eq}(h)小}) \quad (1)$$

式中:  $L_{eq}(h)_i$  为第  $i$  类车的小时等效 A 声级; 车型的分类是按照车辆的总质量进行分类,质量  $\leq 3.5$  t 为小型车,  $>12$  t 的为大型车,  $>3.5$  t 且  $\leq 12$  t 的为中型车。

### 1.1.2 第 $i$ 类车等效 A 声级

$L_{eq}(h)_i$  为各类车辆的小时等效 A 声级,其值按下式计算。

$$L_{eq}(h)_i = (\overline{L_{OE}})_i + 10 \lg\left(\frac{N_i}{V_i T}\right) + 10 \lg\left(\frac{7.5}{r}\right) + 10 \lg\left(\frac{\psi_1 + \psi_2}{\pi}\right) + \Delta L - 16 \quad (2)$$

式中:  $(\overline{L_{OE}})_i$  为第  $i$  类车小时速度为  $V_i$  的水平距离为 7.5 m 处的能量评价 A 声级;  $N_i$  为昼间、夜间通过某个预测点的第  $i$  类平均小时车辆;  $r$  为从车道中心线到预测点的距离;  $V_i$  为第  $i$  类车的平均小时车速;  $T$  为计算等效声级的 1 h;  $\psi_1, \psi_2$  为预测点到有限长路段两端的张角,弧度;  $\Delta L$  为由其他因素引起的 A 声级的修正量,其值按下式计算:

$$\Delta L = \Delta L_1 - \Delta L_2 + \Delta L_3 \quad (3)$$

$$\Delta L_1 = \Delta L_{\text{坡度}} - \Delta L_{\text{路面}} \quad (4)$$

$$\Delta L_2 = A_{\text{atm}} + A_{\text{gr}} + A_{\text{bar}} + A_{\text{misc}} \quad (5)$$

式中:  $\Delta L_1$  为线路因素引起的 A 声级修正量;  $\Delta L_2$  为声波传播途径中引起的 A 声级衰减量;  $\Delta L_3$  为由反射等引起的 A 声级修正量;  $\Delta L_{\text{坡度}}$  为公路纵坡 A 声级修正量;  $\Delta L_{\text{路面}}$  为公路路面材料引起的 A 声级修正量;  $A_{\text{atm}}$  为空气吸收引起的倍频带衰减;  $A_{\text{gr}}$  为地面效应引起的倍频带衰减;  $A_{\text{bar}}$  为屏障引起的倍频带衰减;  $A_{\text{misc}}$  为其他多方面效应引起的倍频带衰减。

## 1.2 RLS90 预测模式

RLS90 预测模式是德国 1990 年对 RLS81 预测模式的进一步改进<sup>[2]</sup>,该模型以等效 A 声级为评价指标,在其预测模式中充分考虑了车速、地面性

质和气象条件的影响,共包括了声源模型和声传播模型 2 个子模型<sup>[3]</sup>。其对于多车道的道路交通的预测主要是先分别对距离最内和距离最外的两个车道分别进行预测,然后再进行叠加得到评价声级。

### 1.2.1 RLS90 的道路噪声评价

RLS90 对一条道路的评价声级按下式计算:

$$L_r = L_m + K \quad (6)$$

式中:  $L_r$  为道路评价声级;  $L_m$  为平均 A 计权声级;  $K$  为修正项,用于修正由车流信号灯或其他原因引起的车辆交叉所带来的影响。

对于每一车道,其平均声级按下式计算:

$$L_m = L_{m,E} + D_{s\perp} + D_{BM} + D_B \quad (7)$$

式中:  $L_{m,E}$  为辐射声级;  $D_{s\perp}$  为距离和空气吸收引起的衰减;  $D_{BM}$  为地面和气候引起的衰减;  $D_B$  为地形和建筑引起的衰减。

对于多车道,其平均 A 计权声级按下式计算:

$$L_m = 10 \lg(10^{0.1L_{m,n}} + 10^{0.1L_{m,f}}) \quad (8)$$

式中:  $L_{m,n}$  为近距离最外车道的平均声级;  $L_{m,f}$  为远距离最外车道的平均声级。

辐射声级的按下式计算:

$$L_{m,E} = L_m^{(25)} + D_v + D_{Stro} + D_{Stg} \quad (9)$$

式中:  $L_{m,E}$  为根据车流量、车型比例求出的单车道水平距离 25 m 处平均声级;  $D_v$  为对不同最高限速的修正;  $D_{Stro}$  为对不同道路表面的修正;  $D_{Stg}$  为对道路坡度的修正。式中各项计算方法如式 (10)。

$$L_m^{(25)} = 37.3 + 10 \lg[M(1 + 0.082p)] \quad (10)$$

速度的修正  $D_v$  如下:

$$D_v = L_{car} - 37.3 + 10 \times$$

$$\lg\left[100 + \frac{10(L_{truck} - L_{car}) - 1}{(100 + 8.23p)} \times p\right] \quad (11)$$

$$L_{car} = 27.7 + 10 \lg[1 + (0.02V_{car})^3] \quad (12)$$

$$L_{truck} = 23.1 + 12.5 \lg(V_{truck}) \quad (13)$$

式中:  $M$  为单车道小时平均车流量;  $p$  为载重量大于 2.8 t 的大型车所占比例;  $L_{car}$ 、 $L_{truck}$  为小型车、大型车的每小时平均辐射声压级  $L_m^{(25)}$ ;  $V_{car}$ 、 $V_{truck}$  为小型车、大型车的每小时限速。

不同路面的修正  $D_{Stro}$  取决于路面类型和车辆速度,范围从 0 dB ~ 6 dB。

道路坡度的修正为  $D_{Stg}$ ,当坡度  $g \leq 5\%$  时  $D_{Stg}$  为 0,当  $g > 5\%$  时  $D_{Stg} = 60g - 3$ ; 式中  $g$  为车道行驶方向的坡度。

### 1.2.2 RLS90 的道路噪声预测点评价

将车道沿车道方向划分为  $i$  个小段,声源发射点为每段中心上方 0.5 m,每段长度  $L_i$  不超过声源发射点和预测点间距离的一半,预测点处的总噪声级  $L_m$  为每一小段的平均声压级  $L_{m_i}$  的叠加,  $L_{m_i}$  由道路辐射声级  $L_{mE}$  经过道路长度修正  $D_{l_i}$ 、空气吸收和距离衰减修正  $D_{s_i}$ 、地面吸收和气候影响的修正  $D_{Bm_i}$ 、道路两侧平行面而引起的多次反射的修正  $D_{refl_i}$ 、屏障的降噪量修正  $D_{bar_i}$  后计算得到。

$$L_m = 10 \lg \sum_i 10^{0.1(L_{mE} + D_{l_i} + D_{s_i} + D_{Bm_i} + D_{refl_i} + D_{bar_i})} \quad (14)$$

$$D_{l_i} = 10 \lg(l_i) \quad (15)$$

$$D_{s_i} = 11.2 - 2 - \lg(S_i) - S_i/200 \quad (16)$$

$$D_{Bm_i} = (h/S_i) \times (34 + 600/S_i) - 4.8 \quad (17)$$

$$D_{refl_i} = \begin{cases} 4h_{build}/\omega_i \leq 3.2 & \text{两侧为反射面} \\ 2h_{build}/\omega_i \leq 1.6 & \text{两侧为吸声面} \end{cases} \quad (18)$$

$$D_{bar_i} = 10 \lg[3 + 80\delta_i e^{-\frac{1}{2000} \frac{A_i B_i S_i}{2\delta_i}}] \quad (19)$$

上式中:  $S_i$  为第  $i$  段车道声源点到预测点的距离;  $h$  为预测点高度;  $h_{build_i}$  为第  $i$  段车道两侧反射面的高度;  $\omega_i$  为第  $i$  段车道两侧反射面间距;  $A_i$  为第  $i$  段车道声源发射点到声屏障顶端的距离;  $B_i$  为预测点到声屏障顶端距离;  $\delta_i$  为声程差  $\delta_i = A_i + B_i - S_i$ 。

对于多车道道路,预测点的总噪声级按式(8)将最远和最近两个车道的在预测点的声级  $L_{m_n}$ 、 $L_{m_f}$  进行叠加计算,得到预测点的总声级  $L_m$ 。

### 1.3 噪声预测应用软件 Cadna/A

Cadna/A 是德国 DataKustik 公司开发的噪声预测软件,在 2001 年成为原国家环保总局环境评估中心推荐使用的预测软件,可以用来对公路、铁路、机场、工厂、企业所引起的噪声进行预测计算,其道路交通噪声预测默认的标准模式为 RLS90 预测模式,与我国当前的《声环境导则》模型有很大的不同,但由于其具有较强的计算模拟功能,可同时考虑点、线、面声源的复合影响,进行任意形状的建筑群、绿化带、地形高程等影响因子的设定,同时具有良好的用户界面,操作方便,易于掌握等特点,因而在国内噪声预测方面得到了广泛地应用<sup>[4-6]</sup>,因此将该软件预测作为此次比对的一个对比项。

## 2 两种模型的比较

— 86 —

### 2.1 参考平均辐射声级的确定方法不同

《声环境导则》在预测模式中所参考的平均辐射声级是以相当于 7.5 m 处的平均辐射声级作为参考的,虽然在《声环境导则》中未对其算法进行明确,但由于该模型很大程度上参考了 2006 年交通部出台的《公路建设项目环境影响评价规范》中规定的公路交通噪声预测模式<sup>[7]</sup>,因此《声环境导则》中的 7.5 m 处平均辐射噪声级将采用交通模型中的计算方法计算的。RSL 90 模型则是采用单车道水平距离 25 m 处的平均辐射声级作为参考的基准,其算法见式(9)。

### 2.2 平均辐射声级修正方法不同

《声环境导则》模型和 RLS90 模型对车型的考虑各不相同。《声环境导则》模型将大、中、小型车 3 种类型分别计算对预测点的噪声级,然后叠加获得预测点总的噪声级,见式(1)。RLS90 模型则只对车型进行了两种划分:轻型车和重型车,再使用一个轻型车与重型车比重项,将对车型的考虑直接整合到 25 m 处的参考平均辐射声级的计算中,见式(10)。另外两个模型对于车流量修正算法也很不相同,《声环境导则》模型将车流量修正与参考平均辐射声级分开计算的,是参照《公路建设项目环境影响评价规范》中关于参考 7.5 m 平均辐射声级的算法,将各种车型与其对应得速度对应,分别计算其各自得平均辐射声级,然后再进行叠加。而 RLS90 模型则是将车流量修正直接整合到平均辐射声级的计算中,见式(10),并基于 100 km/h 的车速进行计算,而对于车速的影响,则另外再引入了一个车速修正项对车速的情况进行修正,见式(11)、式(12)和式(13)。因而对于这两个模型来说,参考平均辐射声级的大小都与车型、车流量和车速有关,但其修正方法不同。

### 2.3 声衰减因子的计算方法存在差异

RLS90 模型在声衰减因子方面是将距离与空气吸收、地面与气候影响、地形与建筑影响以两两结合的形式进行计算的,见式(7);《声环境导则》模型分别将空气吸收、地面效应吸收、屏障影响;以及其他多方面效应影响分别进行考虑的,见式(5),而对于距离的影响则是放在预测点等效声级计算式(2)中的  $10 \lg\left(\frac{7.5}{r}\right)$  项进行修正的,这与 RLS90 模型所使用的式(16)的算法差别很大,具体体现在对于距离引起的声衰减 RLS90 模型要远

远快于《声环境导则》模型,而对于空气吸收衰减方面,《声环境导则》进行了较为细致的规定,不同的温度和相对的湿度都可以得出相应的衰减;对于地面吸收的衰减两个模型的算法基本相同,但《声环境导则》进一步提出可以参照标准 GB/T 17247.2 算法计算;对建筑物的发射影响两个模型的算法是基本一致的。

### 3 研究方法

#### 3.1 模型比对的监测方案

上海崇明越江通道是国家高速公路网规划中的 G40 沪陕高速(上海段)的重要组成部分,其中在崇明岛上有 4.6 km 长的连接线,全线共安装 47 个车辆检测器,可每小时统计上行下行车流量、车速,因此将噪声断面衰减监测点位选在装有车辆检测器的断面进行,使用高速公路上安装的车检器,与噪声监测同步统计该时段的车流量和车速,验证该断面人工车辆统计情况,从而确定预测模型的车辆相关参数的选用。

噪声监测方法按照 GB 3096-2008 中的有关规定,在高速公路以东的滨江五队(桩号:K20+955—K21+225)旁设 5 个监测点:①公路红线处高于路面 1.2 m 处设 1 个监测点;②临路第一、二、三排及距公路中心线 200 m 处房屋二楼卧室面向公路侧窗前 1 m,高 4.2 m 处设 1 个监测点;5 处点位同步监测,同步记录车流量,并按大、中、小型车分类统计,另外使用手持雷达测速仪测量对应单车的行驶速度,用声级计监测源强。车辆分类按照大车(大客、大货、拖挂)、中车(中货)和小车(小客、小货)分类。监测时间为昼间、夜间 2 个时段,每天各监测 2 次,共监测 2 d,每次监测时间为 20 min。

#### 3.2 模型比对验证的方案

模型比对是将断面监测实际车流情况分别输入《声环境导则》和 RLS90 2 个模型,通过对模型参数的选择,取得相应的预测数据,与该断面衰减监测数据进行比对,以选取适合的预测模式。在预测计算工具时,RLS90 模型的预测采用 Cadna/A 软件进行计算,《声环境导则》模型则采用自编的程序进行预测计算。

##### 3.2.1 对车流量的验证

监测人员人工计量的车流量和高速公路自带车检器的统计数据具有很高一致性,而人工雷达测

速的结果和车检器的统计数据相比则一致性较差,人工实测的车速普遍偏大,这与人工实测车速的雷达测速仪的操作不确定性有关,因此在预测比过程中,将人工实测车速的输入仅作为对比情景之一,而其他情景将根据实测车流量以及对应的分类情况,采用公式计算得出的源强,见图 1 和图 2。

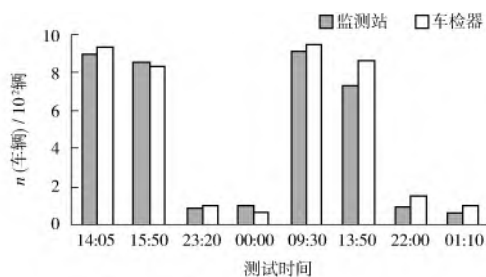


图 1 监测站人工车流量统计和车检器统计对比  
Fig. 1 Statistics comparison of station traffic flow and vehicle inspection manual device

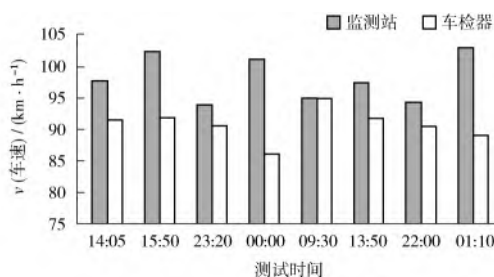


图 2 监测站雷达测速仪和车检器车速检测数据对比  
Fig. 2 Data comparison of station radar speed detection device and vehicle inspection

##### 3.2.2 对车辆类型的分类

对于人工监测统计的车辆类型,与《声环境导则》模型的车型分类定义有区别,使用该分类方法在现场监测过程中辨别起来较困难,还是简单按照大车(大客、大货、拖挂)、中车(中货)和小车(小客、小货)分类;对于 RLS90 模型中的两种车型的划分,根据文献[8],用小车型替代轻型车,用中型车和大型车替代重型车,预测结果与我国公路交通噪声预测模式计算结果更近,所以使用 Cadna/A 软件预测时,车型也将采用该划分方法。

##### 3.2.3 模型验证的参数设定

由于模型预测结果是与声源源强的计算、预测点与声源的距离、声音传播过程的地表建筑物的反射以及地表吸收等因素的影响,因此根据这几方面

因素,根据崇明越江通道实验断面的实际纵坡、张角、高差、地面情况,分别采用《声环境导则》推荐

模式及德国 Cadna/A 环境噪声模拟软件进行计算,具体计算方法设置见表 1。

表 1 噪声预测计算设定

Table 1 Noise prediction calculation set list

参数选取	算法 1	算法 2	算法 3	算法 4
预测模型	《声环境导则》模型	《声环境导则》模型	RLS90 模型	《声环境导则》模型
源强设定	采用监测实测车流量及对应的车速,按《环境影响评价技术导则 公路建设项目》征求意见稿计算源强	采用实测大、中、小车流量,按《环境影响评价技术导则 公路建设项目》征求意见稿计算车速及源强	采用实测的小车流量为轻型车,大车+中车设为重型车流量,按 Cadna/A 软件默认 RLS90 模型的计算源强	采用实测大、中、小车流量,按《环境影响评价技术导则 公路建设项目》征求意见稿计算车速及源强
房屋附加衰减设定	按《声环境导则》推荐的农村房屋降噪量计算值	按《声环境导则》推荐的农村房屋降噪量计算值	按实际房屋布置计算衰减量	按《声环境导则》推荐的农村房屋降噪量计算值
地面吸收的设定	采用《声环境导则》推荐的地面吸收计算值	采用《声环境导则》推荐的地面吸收计算值	按 Cadna/A 内置的地面吸收设定	按《户外声传播衰减 第二部分 一般计算方法》(GB/T 17247.2)中的 3.7.1 计算

4 结果与讨论

经过 2 个模型不同参数设定预测的计算,预测结果见表 2。

表 2 噪声预测模型预测结果 dB(A)  
Table 2 Noise prediction model predicting results

位置	测试时间	实测值	算法 1	算法 2	算法 3	算法 4	
红线处	14:05	74.6	75.9	71.5	72.5	71.5	
	23:20	67.8	65.9	61.3	62.3	61.3	
	15:50	74.3	75.7	71.2	72.2	71.2	
	00:00	65.9	66.1	61.1	62.1	61.1	
	09:30	74.5	73.8	70.8	71.8	70.8	
	22:00	68.5	65.4	61.5	62.5	61.5	
	13:50	73.9	75.2	70.7	71.7	70.7	
	01:10	64.8	62.9	58.5	59.5	58.5	
	第一排屋外	14:05	65.5	70.1	65.7	64.7	65.7
		23:20	56.5	60.1	55.6	54.6	55.6
15:50		64.2	69.9	65.4	64.4	65.4	
00:00		54.3	60.3	55.3	54.3	55.3	
09:30		62.3	68.0	65.0	64.0	65.0	
22:00		55.8	59.6	55.7	54.7	55.7	
13:50		61.4	69.4	64.9	63.9	64.9	
01:10		53.9	57.1	52.7	51.7	52.7	
第二排屋外		14:05	56.1	65.2	60.9	58.9	59.6
		23:20	49.5	55.2	50.7	48.7	49.4
	15:50	56.4	65.1	60.5	58.5	59.3	
	00:00	49.2	55.4	50.4	48.4	49.1	
	09:30	60.3	63.1	60.1	58.1	58.9	
	22:00	49.3	54.8	50.9	48.9	49.6	
	13:50	59.6	64.5	60.0	58.0	58.7	
	01:10	48.6	52.3	47.9	45.9	46.6	

续表

位置	测试时间	实测值	算法 1	算法 2	算法 3	算法 4	
第三排屋外	14:05	50.9	58.9	54.5	52.5	50.7	
	23:20	39.1	48.9	44.3	42.3	40.5	
	15:50	48.8	58.7	54.2	52.2	50.3	
	00:00	38.4	49.1	44.0	42.0	40.2	
	09:30	52.3	56.8	53.8	51.8	49.9	
	22:00	40.1	48.4	44.5	42.5	40.7	
	13:50	51.2	58.1	53.7	51.7	49.8	
	01:10	38.1	45.9	41.5	39.5	37.7	
	距红线 200 m 处	14:05	45.3	53.2	48.9	46.9	42.8
		23:20	34.8	43.2	38.7	36.7	32.6
15:50		45.8	53.1	48.5	46.5	42.5	
00:00		33.2	43.4	38.4	36.4	32.3	
09:30		46.2	51.1	48.1	46.1	42.1	
22:00		35.2	42.8	38.9	36.9	32.8	
13:50		45.6	52.5	48.0	46.0	42.0	
01:10		33.5	40.3	35.9	33.9	29.8	

用残差检验法计算对 4 种算法结果检验。

$$\Delta_t = \frac{|X^{(0)}(t) - X^{(\hat{0})}(t)|}{X^{(0)}(t)} (t=1, 2, \dots, n) \tag{20}$$

$$\bar{\Delta} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \Delta_t \tag{21}$$

式中:  $\Delta_t$  为预测的相对误差,  $\bar{\Delta}$  为平均相对误差,  $X^{(0)}(t)$  为实测值,  $X^{(\hat{0})}(t)$  为预测值,  $n$  为预测值的个数。

4 种算法检验结果见表 3。

表 3 4 种计算结果残差检验结果

%

Table 3 Four kinds of calculated residual test results

%

计算方法	算法 1	算法 2	算法 3	算法 4
预测值与实测值平均相对误差	12.0	6.0	3.8	4.3
昼间预测值与实测值平均相对误差	10.3	4.8	2.7	4.3
夜间预测值与实测值平均相对误差	13.7	7.2	4.9	4.2
红线处预测值与实测值平均相对误差	2.1	6.8	5.4	6.8
第一排屋外预测值与实测值平均相对误差	8.5	2.3	2.2	2.3
第二排屋外预测值与实测值平均相对误差	10.9	3.3	3.1	2.5
第三排屋外预测值与实测值平均相对误差	19.0	9.2	4.9	2.7
距红线 200 m 处预测值与实测值平均相对误差	19.5	8.5	3.4	7.0

根据每一断面的预测结果与实测数据结果的对比分析见图 3、图 4、图 5、图 6 和图 7。

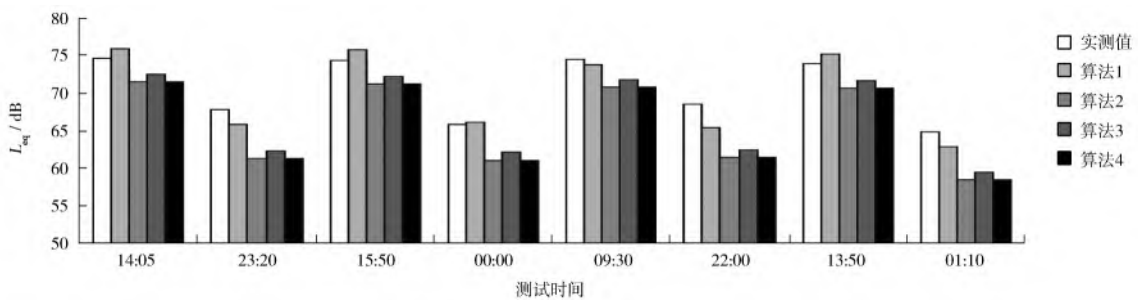


图 3 在红线处 4 种噪声预测计算结果与实际监测值的对比

Fig. 3 At the red line, the comparison of the 4 kinds of noise monitoring prediction with the actual monitoring results

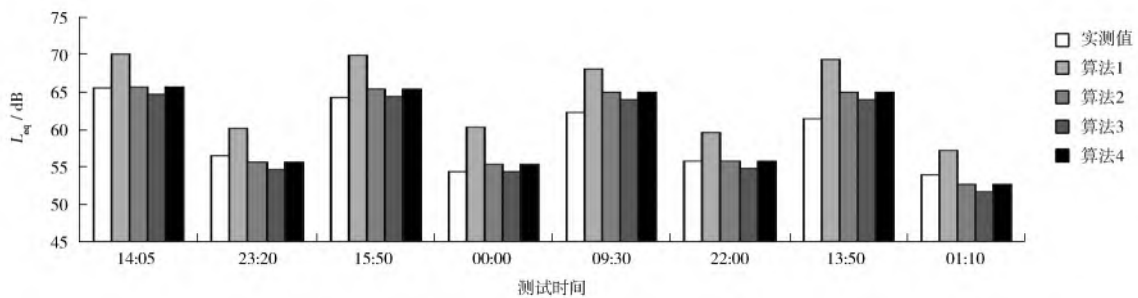


图 4 在第一排房屋前 4 种噪声预测计算结果与实际监测值的对比

Fig. 4 Comparison of the four noise monitoring predictions in the first row houses with the actual monitoring results

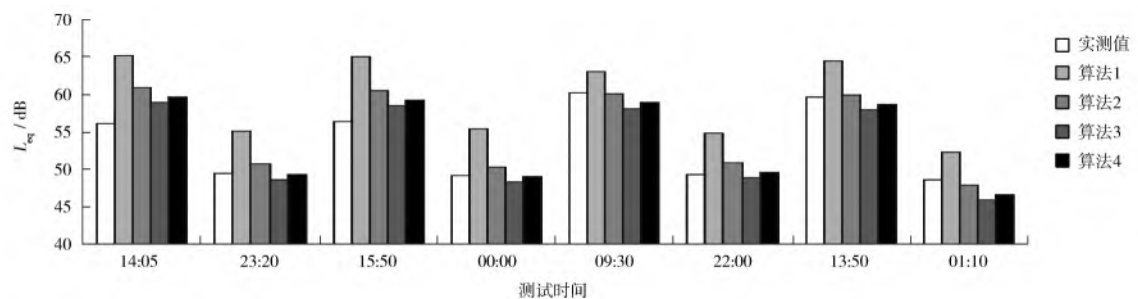


图 5 在第二排房屋前 4 种噪声预测计算结果与实际监测值的对比

Fig. 5 Comparison of the four noise monitoring predictions in the second row houses with the actual monitoring results

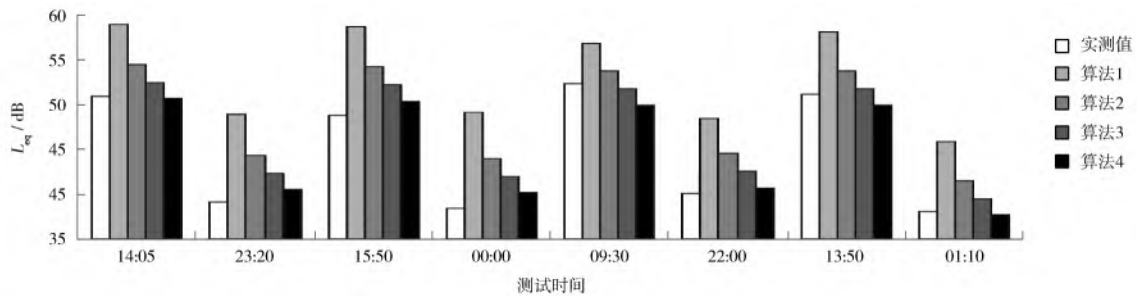


图 6 在第三排房屋前 4 种噪声预测计算结果与实际监测值的对比

Fig. 6 Comparison of the four noise monitoring predictions in the third row houses with the actual monitoring results

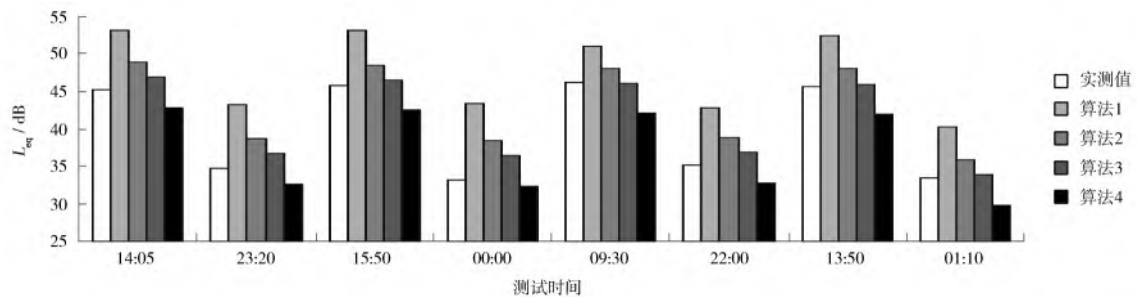


图 7 在 200 m 4 种噪声预测计算结果与实际监测值的对比

Fig. 7 Comparison of the four noise monitoring predictions 200 meter away from the scene with the actual monitoring results

结合残差检验结果表 3 根据每一断面的预测结果与实测数据结果的对比分析图 3—图 7, 可以看出: 根据实测车流量及车速数据按《声环境导则》模式进行计算的算法 1 的相对误差最大, 只有在红线处的噪声值和实测值最为接近, 但其他各敏感点的计算值与实测值偏离严重, 且结果都是偏大。采用实测车流量计算源强, 再分别按《声环境导则》模式、CadnaA 软件、《声环境导则》结合 GB/T 17247.2 进行计算, 分别得出的算法 2 的值、算法 3 的值、算法 4 的值, 在第一排房屋敏感点这些预测值都和实际监测值较为吻合, 但随着距离的增加, 从第一排房屋到第三排房屋, 算法 2 和算法 3 的相对误差都逐渐增大, 其中算法 2 尤其明显, 而算法 4 的相对误差偏差基本保持在一个较低的稳定状态下, 表明仅按《声环境导则》模式和 Cadna/A 环境噪声模拟软件所采用的地面吸收衰减的算法, 都较保守, 未能很好地体现地面吸收衰减影响。而算法 4 采用《声环境导则》模式结合 GB/T 17247.2 的地面衰减计算公式进行预测得出的计算值与实际监测值最为吻合, 这是由于该方法充分考虑了地面吸收的衰减, 所以不会出现远距离处计算值偏大

的问题, 另外在 200 m 处计算值 4 与实测值的相对误差明显高于其在前三排相对误差, 其原因主要是因为公路交通噪声对该测点的影响已经得到了很大的衰减, 这时测点周围的环境背景噪声直接影响到实际监测数据, 因此使得该相对误差明显高于前 3 个断面的相对误差。从昼夜不同时间段的预测相对误差观察, 除了计算值 4 的相对误差基本一致外, 其他的情景得出的夜间相对误差要比昼间高 2%~3%。

## 5 结论

(1) 在使用《声环境导则》模式和 Cadna/A 环境噪声模拟软件预测高速公路噪声影响时, 在确保车流量和车辆类型的数据准确度前提下, 预测数据的精度可得到有效的保证。

(2) 《声环境导则》模式和 CadnaA 软件在进行高速公路噪声预测方面都有较好的适用性, 为提高预测值准确度, 建议在使用《声环境导则》模式进行预测时, 结合 GB/T 17247.2 的地面衰减计算公式进行修正。

(下转第 98 页)

各部门采取措施以后,居民反映及测试结果都显示噪声问题已经圆满解决,印证了该方法在实际运用中具有可行性。

### 3 结语

采用频域分析法结合倍频程频谱分析,确定低频噪声噪声源的方法相较于其他噪声源识别方法,具有仪器简单、操作方便和快速识别等优点,但其准确性与实验室分析仪器结合计算机软件分析比较还有一定差距,尤其是当多个噪声源在特定频率段声压级区别不明显时,现场区别比较难。在现场条件允许情况下,可采用两者结合运用的模式进行监测。据调查,国外已有仪器设备可通过分析比对噪声的频谱图判断其噪声大体来源,是什么设备产生的。

目前国内噪声源识别主要运用在汽车制造业上<sup>[7]</sup>,在环境监测领域运用不多,没有相关研究资料和现行设备。但随着科技进步发展,这些技术必将引进到环境监测领域。采用频域分析法结合倍频程频谱分析,尤其是针对信访问题有很大的运用空间和可行性。目前只能利用现有的倍频程分析设备来进行噪声源识别,但倍频程标准所选取的6个频率是不够的,频率段选取的越多,就意味着不同噪声源产生噪声的区分度越好。建议采用1/3倍频程或者更多的频率段来更准确的识别噪声源的特征频率段,同时对不同设备,可根据低频噪声(20 Hz~200 Hz)、中频噪声(200 Hz~2 000 Hz)、

高频噪声(>2 000 Hz)<sup>[8]</sup>建立各自的标准频谱分析图库,为以后噪声源识别积累基础资料,使监测工作更准确和科学。

### [参考文献]

- [1] LUNDQUIST P, HOLMBERG K, LANDSTROM U. Low frequency noise and annoyance in classroom [J]. *Journal of Low Frequency Noise Vibration and Active Control*, 2000, 19(4): 175-182.
- [2] MMIROWSKA M. Evaluation of low-frequency noise in dwellings. New Polish Recommendations [J]. *Journal of Low Frequency Noise Vibration and Active Control*, 2001, 20(2): 67-74.
- [3] WAYE K P, CLOW A, EDWARDS S, et al. Effects of nighttime low frequency noise on the cortisol response to awakening and subjective sleep quality [J]. *Life Science*, 2003, 72(8): 863-875.
- [4] POERSON K, BENGTSSON J, KJELLBERG A, et al. Low frequency "noise pollution" interferes with performance [J]. *Noise and Health*, 2001(4): 33-49.
- [5] 牟向东. 噪声源分析方法及其应用 [J]. *湖北汽车工业学院学报*, 1999, 19(3): 1-5.
- [6] 司春棣, 陈恩利, 杨绍普, 等. 基于声阵列技术的汽车噪声源识别试验研究 [J]. *振动与冲击*, 2009, 28(6): 171-174.
- [7] 宋晶, 刘晓玲. 汽车噪声源的常用识别方法研究与分析 [J]. *四川工业学院学报*, 2004, 23(增刊): 139-141.
- [8] LANDSTROM U, AKERLUND E, KJELLBERG A, et al. Exposure level, tonal components, and noise annoyance in working environments [J]. *Environment International*, 1995, 21(3): 265-275.

责任编辑 李文峻 姚朝英 薛光璞 陈宝琳

(上接第90页)

### [参考文献]

- [1] 国家环境保护部. HJ 2.4-2009 环境影响评价技术导则 声环境[S]. 北京: 中国环境出版社, 2009.
- [2] 李本纲, 陶澍. 道路交通噪声预测模型研究进展 [J]. *环境科学研究*, 2002, 15(2): 56-59.
- [3] Road construction section of the federal ministry for transport (RCSFMT). Directives for anti-noise protections along roads [R]. Berlin: Ministry for Transport, 1990.
- [4] 夏平, 徐碧华, 宣燕. 用 Cadna/A 软件预测桥梁交通噪声及应

用分析 [J]. *应用声学*, 2007, 26(4): 208-212.

- [5] 张令戈, 张梦莎, 李志东, 等. Cadna/A 在货运铁路专线预测评价中的应用 [J]. *声学技术*, 2010, 29(2): 202-205.
- [6] 刘云芳, 李捷. 公路噪声环境影响评价及预测方法分析 [J]. *江西化工*, 2011, 27(1): 69-72.
- [7] 中华人民共和国交通部. JTG B03-2006 公路建设项目环境影响评价规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [8] 孙秀敏, 张勇, 颜淼, 等. Cadna/A 软件与我国公路交通噪声预测模式在实际应用中的对比分析 [J]. *辽宁师范大学学报(自然科学版)*, 2008, 31(1): 443-445.