

车库出入口坡道噪声影响因素及预测

翟国庆, 张邦俊

(浙江大学环境污染控制技术研究所, 杭州 310028)

摘要: 选取城市居住区中典型地下车库, 在优化其出入口噪声采样点布置和同步采样点分组基础上, 通过对噪声样本的声学分析, 研究了车库出入口坡道噪声与坡道结构、坡度、线形、上下坡等相关因素的关系。通过对平直混凝土路面车库出入口噪声影响预测值的修正, 建立了车库出入口坡道噪声影响预测模式。

关键词: 车库出入口; 坡道; 噪声; 预测模式

中图分类号: X966 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2005)05-0205-04

Prediction and Influence Factors of the Ramp's Noise of the Entrance or Exit of Garages

DI Guoqing, ZHANG Bangjun

(Institute of Environmental Pollution Control Technology, Zhejiang University, Hangzhou 310028, China)

Abstract: Some typical entrances/exits of the underground garages are chosen in urban residential areas. On the basis of the optimization of the positions of the noise sampling points and the groupings of the synchronous sampling points, by means of the acoustical analysis of the noise samples, the relation of the correlative factors, among the ramps' noise of the entrances or exits of the garages, the structure, grade, shape of the ramps, upgrade and downgrade, is studied. The prediction model of the ramp's noise influence of the entrance or exit of the garage is established through amending the noise influence of the entrance or exit of the even concrete road.

Key words: the entrance or exit of garage; ramp; noise; prediction model

建设集中地下、半地下停车库作为解决我国城市停车难问题的主要手段被广泛采用^[1,2]。地下车库出入口的噪声污染已成为城市居住区居民所受低频噪声污染的主要来源之一^[3~7],然而有关车库出入口噪声特性及声学降噪设计的专门研究及成果国内外鲜有报道。作者曾采用随机点声源模型对地下车库出入口噪声影响进行过计算机模拟预测研究^[8],但模式中未考虑车库坡道坡度等因素^[9]对噪声的影响,需要进行补充修正。

本文选取城市居住区中多个典型地下车库,对出入口噪声与坡道结构、坡度、线形等相关因素的关系进行了研究,通过对平直混凝土路面的车库出入口噪声影响预测值^[8]的修正,建立了车库出入口坡道噪声影响预测模式,可为地下车库出入口噪声的模拟预测及其控制提供科学依据。

1 车库出入口噪声采样及样本分析方法

1.1 车库出入口的选取

通过对杭州市居住区内地下和半地下车库出入口的调查,按车库出入口所在区域本底噪声低,车库坡道表面形状结构、坡度、线形各异并具有典型性的原则,共选取 6 个车库出入口。如图 1 所示,所选取

的车库出入口坡道表面形状结构有 a 型、b 型、c 型和 d 型共 4 种,其主要尺寸等详见表 1。线形有直道和弯道 2 种,其中直道正常段纵向坡度为 10%~15%,弯道正常段纵向坡度为 8%~12%。

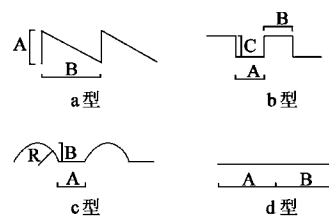


图 1 车库出入口坡道表面形状结构示意图

Fig. 1 Sketch map of the exterior shape of the ramps of the entrances or exits of the garages

1.2 车库出入口噪声采样

1.2.1 采样点设置

如图 2 所示,将出入车库的整个路段分成 5 段,即:车库外平道(L1)、出入口处缓坡段(L2)、正常段坡道(L3)、车库内缓坡段(L4)和车库内平道(L5),

收稿日期:2004-10-15;修订日期:2004-12-20

基金项目:国家自然科学基金资助项目(10474084);浙江省科技计划重点项目(2005C23078)

作者简介:翟国庆(1973~),男,讲师,主要从事环境物理及环境信息处理方面的科研和教学工作。

L2 和 L4 纵向坡度均为 L3 的 50 % .在每一段分别设 2 个采样点 ,其中采样点 1 ~ 5 位于路段中心线地面正上方 15cm 处 ,车辆从该测点正上方通过 ,采样点 1' ~ 5' 距坡道边和车身外侧边线的垂直距离均为 0.3 m ,高出相应路面 15cm .

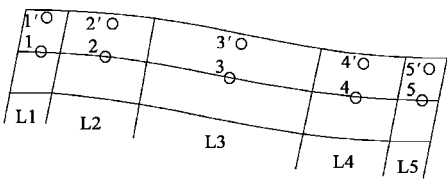


图 2 车库出入口噪声采样点布置示意图
Fig.2 Sketch map of the noise sampling points of the entrance or exit of the garage

表 1 选取的车库出入口坡道

Table 1 The ramps chosen of the entrances or exits of the garages											
坡道表面形状结构	a 型		b 型			c 型			d 型		
	A	B	A	B	C	A	B	R	A ¹⁾	B ²⁾	
主要尺寸											
大小/mm	13	115	15	15	10	95	10	8	385	185	
数量/个	2		1			2			1		
直道/个	1		1			1			1		
弯道/个	1		0			1			0		

1)间隔 15 mm 有宽和深均为 2 mm 线槽的混凝土路面 ;2) 拉毛的混凝土路面

1.2.2 采样条件及方法

噪声采样用仪器为 VS302 USB 双信道声信号分析仪 ,采样前用标准声信号对仪器进行校正 .为使测试结果具有可比性 ,采用同一辆小型轿车 (SQR7160 型奇瑞风云轿车) 模拟进、出车库并进行噪声采样 .采样时关闭汽车门窗 ,档位取 1 档 ,车速约为 5 ~ 10km/h .

为便于对不同坡度的坡道噪声与平道噪声进行分析比较 ,将平道噪声和坡道噪声进行同步采样 .车库出入口 L1、L2 的 2 路段上方无坡顶 ,而 L4 和 L5 的 2 路段上方有坡顶 ,L3 为过渡区 ,考虑到不同位

置采样点受坡顶反射声影响不同 ,设计同步采样点共 8 组 ,分别为 :采样点 1 和 2 ,1 和 3 ,3 和 5 ,4 和 5 ,1' 和 2' ,1' 和 3' ,3' 和 5' ,4' 和 5' .另设计同步采样点 1 和 1' ,2 和 2' ,3 和 3' ,4 和 4' ,5 和 5' 共 5 组 ,以便对车库坡道中心轴线处和坡道边采样点噪声进行分析比较 .为减小车辆模拟进出车库时由于运行工况差异对采样点噪声的影响 ,每组同步采样点重复采样 5 次 ,取 5 次采样分析结果的平均值进行研究 .

1.3 采样数据处理及分析方法

在车辆出入车库时 ,记录的各采样点噪声实际上为车辆在出入口产生的噪声和本底噪声的叠加 .为去除本底噪声影响 ,将无车辆出入车库时记录的各采样点噪声作为本底噪声 ,然后分别将本底噪声和有车辆出入车库时的采样点噪声信号作傅里叶变换 ,将时域信号转换成频域信号 ,然后根据声叠加原理在频域内计算去除各采样点噪声中的本底噪声贡献 ,最后通过傅里叶逆变换 ,获得去除本底噪声影响后的各采样点噪声时域信号 .

回放去除本底噪声后的各采样点时域信号 ,在时域内以声压级最大值所在时刻为中心 ,选取左、右时间半宽度均为 100 ms 的噪声信号 ,采用频谱分析和统计分析方法 ,计算有关声学参量值 .

2 结果与讨论

2.1 坡度和表面形状结构对坡道噪声的影响

表 2 给出了坡度变化基本相同但表面形状结构各异的 4 个直线形车库出入口平道、坡道噪声采样分析结果 .由表 2 可知 ,车库出入口平道处同步采样点 1 和 1'、5 和 5' 等效声级基本相同 ,差值均小于 1.5 dB ,但 L5、L4 处采样点噪声分别比 L1、L2 处采样点噪声平均高约 1 dB 和 0.5 dB ,且车身外侧采样点噪声比车身正下方处采样点噪声平均高约 0.5 dB .通过声传播途径定性分析可知 ,其原因主要是相对于噪声低的采样点 ,噪声较高采样点受车库出入口坡道侧壁和车库顶部反射声影响较大 .

表 2 车辆出库上坡时直线形车库出入口各采样点等效声级

Table 2 Equivalent sound level of sampling points at the entrances/exits when car pulls out of the garages and upgrades											
采样点		1	1'	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'
a 型	坡度/ %	0.0		5.8		11.6		5.8		0.0	
	等效声级/ dB	71.5	72.7	77.5	78.6	81.7	83.2	77.9	79.1	73.2	73.7
b 型	坡度/ %	0.0		5.4		10.8		5.4		0.0	
	等效声级/ dB	72.0	71.8	75.2	76.7	79.0	80.1	75.6	77.3	72.5	73.7
c 型	坡度/ %	0.0		5.5		11.0		5.5		0.0	
	等效声级/ dB	71.0	71.3	76.4	77.3	81.5	82.5	77.2	78.6	71.8	72.2
d 型	坡度/ %	0.0		5.2		10.4		5.2		0.0	
	等效声级/ dB	71.6	71.9	74.5	76.0	76.9	78.3	75.1	76.3	72.1	72.5

计算各同步采样点的等效声级差值,归纳得车辆出库上坡时不同坡度、不同表面形状结构的车库出入口坡道噪声相对于平直混凝土路面噪声的差值,结果如表 3 所示。从表 3 可知,在表面形状结构

各异的 4 种坡道中,当坡度基本相同时,以 a 型坡道噪声为最大,c 型略小,b 型次之,d 型最小,而有无混凝土坡顶对差值影响不大,平均不超过 0.6dB。
2.2 出、入库对坡道噪声的影响

表 3 出库上坡时各类型直坡道噪声相对于平直混凝土路面噪声的差值

Table 3 Difference of the noise level of each kind of straight ramp relative to even concrete road when car pulls out of the garage and upgrades									
区域		无混凝土坡顶区域				有混凝土坡顶区域			
a 型	坡度/ %	5.8		11.6		11.6		5.8	
	采样点	2 和 1	2'和 1'	3 和 1	3'和 1'	3 和 5	3'和 5'	4 和 5	4'和 5'
	差值/ dB	6.0	5.9	10.2	10.5	8.5	9.5	4.7	5.4
	差值平均/ dB	6.0		10.4		9.0		5.6	
b 型	坡度/ %	5.4		10.8		10.8		5.4	
	采样点	2 和 1	2'和 1'	3 和 1	3'和 1'	3 和 5	3'和 5'	4 和 5	4'和 5'
	差值/ dB	3.2	4.9	7.0	8.3	6.5	6.4	3.1	3.6
	差值平均/ dB	4.1		7.7		6.5		3.4	
c 型	坡度/ %	5.5		11.0		11.0		5.5	
	采样点	2 和 1	2'和 1'	3 和 1	3'和 1'	3 和 5	3'和 5'	4 和 5	4'和 5'
	差值/ dB	5.4	6.0	10.6	11.1	9.7	10.3	5.4	6.4
	差值平均/ dB	5.7		10.9		10.0		5.9	
d 型	坡度/ %	5.2		10.4		10.4		5.2	
	采样点	2 和 1	2'和 1'	3 和 1	3'和 1'	3 和 5	3'和 5'	4 和 5	4'和 5'
	差值/ dB	2.9	4.1	4.9	5.9	4.8	5.8	3.0	3.8
	差值平均/ dB	3.5		5.4		5.3		3.4	

当机动车辆以相同车速进、出车库时,车辆在出库上坡和入库下坡时由于需克服不同的阻力,发动机输出功率不同。根据车辆整车噪声特性,发动机输出功率越大,其产生的噪声也越高,坡道处噪声也随之增大。表 4 给出了车辆入库下坡时直坡道噪声相对于出库上坡时直坡道噪声的差值。由表 4 可知,其差值为负值,即入库下坡时坡道噪声小于出库上坡时坡道噪声。对同种表面形状结构的坡道,坡度越大,差值绝对值也越大,但有无混凝土坡顶对差值影响不大,最大不超过 0.5dB。在 4 种类型的坡道中,a 型和 c 型差值比较接近。

表 4 车辆入库下坡时直坡道噪声与出库上坡时直坡道噪声的差值
Table 4 Difference of straight ramps' noise level when car pulls out of the garage and upgrades relative to when car pulls into the garage and downgrades

区域		无混凝土坡顶区域		有混凝土坡顶区域	
a 型	坡度/ %	5.8	11.6	11.6	5.8
	差值/ dB	- 2.4	- 4.0	- 3.5	- 2.3
b 型	坡度/ %	5.4	10.8	10.8	5.4
	差值/ dB	- 1.4	- 3.0	- 3.1	- 1.2
c 型	坡度/ %	5.5	11.0	11.0	5.5
	差值/ dB	- 2.2	- 4.2	- 4.3	- 2.2
d 型	坡度/ %	5.2	10.4	10.4	5.2
	差值/ dB	- 1.5	- 2.5	- 2.6	- 1.7

2.3 线形对坡道噪声的影响

表 5 给出了具有不同转弯半径的 90°转弯处坡道噪声与直坡道噪声的差值。由表 5 可知,转弯半径越大,差值越小,即转弯处坡道噪声越小。相同转弯半径时,转弯处 a 型、c 型坡道噪声比同类型直坡道噪声高 1.5 ~ 2.5dB 不等。

表 5 转弯处坡道噪声与直坡道噪声差值
Table 5 Difference of the curve ramps' noise level relative to the straight ramps' noise level

内侧转弯半径/ m	7	4
a 型差值/ dB	1.5	2
c 型差值/ dB	2.0	2.5

3 车库出入口坡道噪声影响预测模式

根据坡道表面形状结构、坡度、线形及出、入库等对坡道噪声的影响,在平直混凝土路面的车库出入口噪声影响预测值 $L_{平}^{[8]}$ 基础上,建立车库出入口坡道噪声影响预测值 $L_{坡}$ 计算模式如下:

$$L_{坡} = L_{平} + \Delta L,$$

其中

$$\Delta L = \Delta L1 + \Delta L2 + \Delta L3,$$

$$\Delta L1 = \begin{cases} 6\text{dB a型 c型直道} \\ 4\text{dB b型直道} \\ 3.5\text{dB d型直道} \\ 10\text{dB d型 c型直道} \\ 7.5\text{dB b型直道} \\ 5\text{dB d型直道} \end{cases} \begin{matrix} 4\% \leq \text{坡度} < 8\% \\ 8\% \leq \text{坡度} < 15\% \end{matrix}, \text{为出}$$

库上坡时直坡道噪声相对于平直混凝土路面的噪声修正;

$$\Delta L2 = \begin{cases} 0\text{dB 上坡时直道} \\ -2\text{dB 下坡时直道} \\ 0\text{dB 上坡时直道} \\ -3.5\text{dB 下坡时直道} \end{cases} \begin{matrix} 4\% \leq \text{坡度} < 8\% \\ 8\% \leq \text{坡度} \leq 15\% \end{matrix}, \text{为}$$

入库下坡时直坡道噪声相对于出库上坡时直坡道噪声的修正;

$$\Delta L3 = \begin{cases} 0\text{dB 直道} \\ 2\text{dB 弯道} \end{cases}, \text{为转弯坡道相对于直坡道的噪声修正.}$$

4 结论

(1) 采用混凝土路面的车库出入口, 其内侧平道和缓坡处采样点噪声分别比外侧平道和缓坡处采样点噪声高约 1 dB 和 0.5 dB, 且同一坡度处车身外侧采样点噪声比车身正下方中心轴线处采样点噪声平均高约 0.5 dB. 在表面形状结构各异的 4 种坡道中, 当坡度基本相同时, 以 a 型坡道噪声为最大, c 型略小, b 型次之, d 型最小.

(2) 当车辆以 5 ~ 10 km/h 速度出、入库时, 入库下坡时坡道噪声比出库上坡时坡道噪声小. 对同种表面形状结构的坡道, 坡度越大, 坡道噪声也越大; 当坡度相同时, 有无混凝土坡顶对上、下坡噪声差值影响不大, 最大差值不超过 0.5 dB. 车库出入口为弯道时, 转弯半径越大, 转弯处坡道噪声越小; 相同转弯半径时, 转弯处 a 型和 c 型坡道噪声比同类型直坡道噪声高 1.5 ~ 2.5 dB 不等.

(3) 表面形状结构不同的坡道, 在不同坡度、线形和上下坡时, 坡道噪声会有明显差异, 最大差值可达 10 dB 以上, 优化车库出入口坡道表面形状结构可显著降低出入口噪声污染.

(4) 通过对平直混凝土路面的车库出入口噪声影响预测值的修正, 建立了混凝土车库出入口坡道噪声预测模式.

参考文献:

- [1] Godard J P, Tareau J P. Underground car parks in France: a case study[J]. Tunneling and Underground Space Technology, 1995, 10(3): 311 ~ 315.
- [2] ITA working group NO.13. Direct and indirect advantages of underground structures. Underground car parks: International case studies[J]. Tunneling and Underground Space Technology, 1995, 10(3): 324 ~ 328.
- [3] Persson K, Rylander R. Disturbance from low frequency noise in the environment: a survey among local environmental health authorities in Sweden[J]. Journal of Sound and Vibration, 1988, 121:339 ~ 345.
- [4] Mirowska M. An investigation and assessment of low frequency noise in dwellings[J]. Journal of Low Frequency Noise and Vibration, 1998, 17:119 ~ 126.
- [5] Leventhall H G. Low frequency noise in buildings. Internal and external sources[J]. Journal of Low Frequency Noise and Vibration, 1998, 17:74 ~ 85.
- [6] Mirowska M. Evaluation of low frequency noise in dwellings. New polish recommendations[J]. Journal of Low Frequency Noise and Vibration, 2001, 20: 67 ~ 74.
- [7] Diniz F B, Zannin P H T. Noise impact caused by electrical energy substations in the city of Curitiba[J]. Brazil. Science of the Total Environment, 2004, 328: 23 ~ 31.
- [8] Zhang B J, Shi L L, Di G Q. Computer simulation model of underground garage noise in urban residential areas[J]. Noise Control Engineering, 2004, 52(1): 13 ~ 19.
- [9] 陈子明. 山城型道路交通噪声与路面坡度的关系[J]. 环境工程, 1991, 8(5): 29 ~ 34.