

城市居住区地下车库噪声影响的计算机模拟预测

张邦俊, 施丽莉, 翟国庆 (浙江大学环境科学系, 杭州 310028, E-mail: bjzhang@mail.hz.zj.cn)

摘要: 运用随机点声源模型对城市居住区地下车库出入口噪声进行计算机模拟预测, 通过实测值和预测值的比较, 该预测模型精度较好。运用该模型预测规划与新建的居住区地下车库的噪声影响, 可为城市小区建设规划中有效控制噪声污染提供科学参考依据。

关键词: 城市居住区; 地下车库; 噪声预测; 随机点声源模型

中图分类号: X593 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2003)04-04-0154

The Computer Simulating Prediction Method of Noise of Underground Garage in Urban Residential Region

Zhang Bangjun, Shi Lili, Di Guoqin (Department of Environmental Science, Zhejiang University, Hangzhou 310028, China E-mail: bjzhang@mail.hz.zj.cn)

Abstract: The model of random point sound source was applied to predict the noise of underground garage in urban residential region with the method of computer simulating. Comparing the predict data and the data of measurement, the precision of this model was good. The model can be applied to predict the influence of the noise of new built underground garage noise, it can offer the reference for the planning department.

Key words: urban residential region; underground garage; prediction of noise; model of random point sound source

随着城市化进程的发展, 目前, 在我国许多城市中, 社会生活噪声已经取代工业噪声和交通噪声而成为最主要的噪声污染类型。

除了因人口密集而产生的人群活动噪声外, 新型的城市居住区内配套公共设施的机械设备噪声也被列入社会生活噪声的范畴。如高层住宅的供水设备、供电设备及空调系统噪声, 均为社会生活噪声。目前许多新建和规划的城市居住区设有地下机动车库, 其车辆噪声的特征及对居民的影响, 都与道路交通噪声不同。因此, 在规划、建设住宅区时, 科学预测地下车库车辆噪声的影响, 对居住区声环境影响评价及噪声控制对策的制定, 都具有十分重要的意义。本文采用随机点声源模型, 用计算机模拟的方法, 对城市居住区地下车库出入口处的噪声影响进行预测, 与实测值比较, 取得较为满意的结果。

1 预测模型的建立

目前对道路交通噪声的预测, 已有多种较为成熟的模型和方法^[1~7], 但城市居住区地下

车库车辆噪声与道路交通噪声差别较大, 车辆在车库内启动运行时, 由于地下室建筑结构的隔声作用, 其噪声对外环境影响不大, 车辆出入车库时, 一般不会形成车辆流, 机动车是以单个车辆的形式随机进出车库的, 每辆车可看成一个点声源, 因此, 采用随机点声源模型进行预测。

在车库出入口处设一观察点, 在某时刻 t , 作一次观察, “恰有车通过该点” 这一随机事件定义为事件 A , 以随机变量 η 表示, 则 η 服从两点分布; 假设在 T 时间内连续观察车辆的通过情况, 两次观察的时间间隔为 t_1 , 在 T 时间内的总观察次数 $n = T/t_1$, 在 n 次观察中, 有车通过的次数为 k , 则在整个观察时间 T 内, 有车辆通过观察点的次数 (即时间 T 内进出车库的车辆数) ξ 服从二项分布, 即 $P(\xi = k) = C_n^k p^k q^{n-k}$; 其中 p 为观察一次, 有车通过的概

基金项目: 杭州市环境保护局科研基金(200103)

作者简介: 张邦俊(1947~), 男, 副教授, 主要从事环境物理学及环境信息处理方面的科研与教学工作。

收稿日期: 2002-12-11; 修订日期: 2003-02-24

率.当 n 足够大时,该分布趋向泊松分布:

$$P(\xi = k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda} \tag{1}$$

其中 $\lambda = n p$ 为在时间 t 内进出车库的车辆数的数学期望,在实际应用中可以根据车库规模的大小以及车辆进出车库的高峰时段分布情况来确定;设 μ 为单位时间内进出车库的车辆数(辆/s),则 $\lambda = \mu t$,于是,在时间 t 内进出车库的车辆数正好为 k 辆的概率为:

$$P(\xi = k) = \frac{(\mu t)^k}{k!} e^{-\mu t} \tag{2}$$

时间 t 内无车通过该点的概率为:

$$P(\xi = 0) = \frac{(\mu t)^0}{0!} e^{-\mu t} = e^{-\mu t} \tag{3}$$

时间 t 内无车通过该点,表示先后依次出入车库的两辆车之间时距大于 t , (3) 式即表示车辆时距大于 t 的概率为 $e^{-\mu t}$,故时距小于 t 的概率,即车辆时距的分布函数为:

$$F(t) = 1 - e^{-\mu t} \tag{4}$$

设 R'_i 为 $[0, 1]$ 中均匀分布的随机数.令 $R'_i = 1 - e^{-\mu t_i}$,则得:

$$t_i = -\frac{1}{\mu} \ln(1 - R'_i) \tag{5}$$

将 $(1 - R'_i)$ 记作 R_i ,于是(5)式成为:

$$t_i = -\frac{1}{\mu} \ln R_i \tag{6}$$

式中: t_i 为第 i 辆车与第 $i + 1$ 辆车之间的时距; R_i 为 $[0, 1]$ 中均匀分布的随机数.只要在计算机上产生均匀分布的随机数 R_i ,并经(6)式转换,就可以得出车辆依次经过观察点的时间.若知道每一辆车在进出车库出入口时的声功率级,则可根据声源到预测点的距离,计算每辆车在车库出入口运行时对附近预测点贡献的噪声级.

车辆的声功率级由机动车类型决定,一般居住区内的地下车库不停放大型车辆,故可把车辆按其声功率的大小分为 2 类,一类是噪声较小的轿车,另一类是噪声相对稍大的面包车和吉普车等.车辆声功率级与车辆行驶速度有关,考虑到车库出入口处车速较慢,故取速度为 30 km/h 时所对应声功率级,不同类型车辆的声

功率级见表 1^[8].

按实际观察或规划设计的车库内各种车辆类型的比率,将 $[0, 1]$ 区间划分为 2 个子区间,先由计算机产生随机数 R_i'' ,按(7)式确定第 i 辆车的类型,再按表 1 确定其声功率级.

$$\begin{cases} \text{当 } 0 \leq R_i'' < \omega & \text{为小轿车} \\ \text{当 } \omega \leq R_i'' < 1 & \text{为面包车或吉普车} \end{cases} \tag{7}$$

在预测时,可以根据不同地下车库实际停放各种类型车辆的比例,确定比率 ω .

表 1 机动车辆声功率级分类

Table 1 The sound power level class of the vehicles			
等级	车种	声功率级范围/dB	模拟时取值/dB
1	小轿车	89 ~ 91	90
2	面包车、吉普车	92 ~ 95	94

模拟预测时首先确定评价时间段 T ,并假设第 1 辆车通过观察点的时间为 $t = 0$,产生随机数 R_i'' ,由(7)式及表 1 确定第 1 辆车的声功率级,再按下式计算该车对预测点的影响.

$$L_{pi} = L_{W Ai} - 20 \lg r - 8 \tag{8}$$

式中: $L_{W Ai}$ 为 i 辆车的声功率级; r 为该车离预测点的距离.式(8)的使用条件为预测点距出入口较近,从而地面吸收及建筑物等影响可忽略不计,但 r 应比车辆本身线度大得多.

采用循环的方法继续计算以后各辆车通过观察点的时间以及对预测点的影响.当 $\sum_i t_i > T$ 时,结束循环,得到预测点在该时间段内各不同时间所受的噪声影响.然后按能量对整个模拟时间求平均,并考虑本底的叠加,即得该预测时间段的等效声级.

2 参数选择和计算程序流程

2.1 参数选择

在模拟程序中输入预测时间段范围、车库规模(泊位数)或预测时间段内单位时间进出车库的车辆数、预测点距车库出入口的距离等参数.预测时段内单位时间通过的车辆数是一个重要参数,可按车库泊位数以及高峰、平均和低谷时段的车辆数分布规律来确定.据观测,典型的居住区地下机动车库,高峰时每 h 进出车库的车辆数为泊位数的 50 % ~ 80 %,平时时

段为泊位数的 20 % ~ 50 % ,低谷时段为泊位数的 20 % 以下 ,可按实际情况或规划情况具体选定 .

2.2 计算程序流程

预测模型的计算程序流程见图 1 ,按此流程用 C 或 Fortran 等语言编程 ,在 PC 机上运行 ,只要输入有关参数 ,即能输出需要的预测结果 .

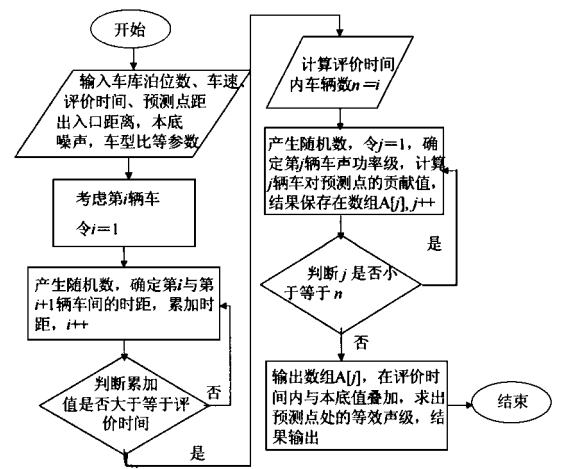


图 1 计算程序流程图

Fig.1 The flow chart of the calculation program

3 验证及应用

3.1 模型的验证

为验证上述模型 ,笔者选择了杭州市 2 处已建成的位于住宅区的地下车库进行模拟计算和现场调查测量 ,并将计算结果与实测结果进行比较分析 .现状调查主要进行 2 方面的工作 :

- ①统计不同的时段内车库出入口的车辆数 ;
 - ②在统计时间内对连续等效 A 声级进行测量 .
- 2 处车库的测量点均距出入口 10 m ,车辆数统计结果、噪声实测值、噪声预测值和相对误差见表 2 和表 3 .

表 2 车库 1 车辆数及噪声预测结果

results in garage 1				
时段	08 :00	12 :00	18 :00	20 :00
	~ 09 :00	~ 13 :00	~ 19 :00	~ 21 :00
车辆数 / 辆	72	32	52	23
噪声实测值 / dB	66 .9	62 .9	59 .1	58 .6
噪声预测值 / dB	68 .9	64 .4	61 .1	59 .9
相对误差 / %	3 .0	2 .4	3 .4	2 .2

表 3 车库 2 车辆数及噪声预测结果

results in garage 2				
时段	07 :00	11 :00	17 :00	18 :00
	~ 08 :00	~ 12 :00	~ 18 :00	~ 19 :00
车辆数 / 辆	161	87	90	42
噪声实测值 / dB	62 .2	60 .9	61 .4	60 .7
噪声预测值 / dB	64 .3	62 .6	62 .8	61 .2
相对误差 / %	3 .4	3 .3	2 .3	0 .8

由 2 表可以看出 ,利用随机点声源模型 ,能较好的预测城市居住区地下车库车辆噪声对环境的影响 ,预测值和实测值的相对误差均未超过 3 .5 % .

3.2 应用

本文提出的预测模型可应用于城市新建住宅小区内地下停车库出入口处的车辆噪声预测 ,本文重点在于提出随机点声源模型 ,对于车辆噪声在小区建筑群间的传播未详细论述 ,可参考有关论文^[8 ~ 12] .对不同的小区环境 ,若预测点距车库出入口较远时 , (8) 式不再适用 ,应研究噪声在传播途径中的衰减规律 ,考虑地面植被及建筑物的影响 ,再依据车库出入口的噪声预测值 ,进一步计算不同建筑物分布情况下车辆的噪声的影响 .

关于利用随机点声源模型预测居住区建筑群间的噪声影响的方法 ,将另文予以论述 .

4 讨论

采用随机车流模型对地下车库出入口噪声进行计算机模拟预测 ,通过实测值与预测值的比较 ,该预测方法具有一定的精度 .结合新建地下车库规模 ,运用该方法可以预测新建地下车库出入口噪声 ,为合理安排小区建筑布局 ,减少地下车库出入口噪声对周围敏感点的影响提供参考依据 .

致谢 : 仇丰、施祥、过春燕和卢向明参加了调查和监测工作 ,潘仲麟教授对本文给予指导帮助 ,在此深表感谢 .

参考文献 :

1 Barry T M , Reagan J A . FH WA RD 77-108 , FH WA highway traffic noise prediction model , U . S . Department of

- Transportation. Washington DC:1978.
- 2 涂瑞和.对美国 FHWA 公路噪声预测模式的深入讨论.环境工程,1995,13(3):41~45.
 - 3 吴硕贤,Kittinger E.考虑声散射的街道交通噪声预报模型.环境科学学报,1996,16(3):364~371.
 - 4 陈子明,路德明等.高速高架复合道路交通噪声的分析和预测.环境科学,1994,15(2):24~28.
 - 5 李本纲,陶澍.道路交通噪声预测模型进展.环境科学研究,2002,15(2):56~59.
 - 6 李本纲,陶澍等.城市道路交通噪声预测理论-统计模型.环境科学,2000,21(6):1~5.
 - 7 张继萍,吴硕贤.人工神经网络在道路交通噪声预测中的运用.环境科学学报,1998,18(5):471~476.
 - 8 吴硕贤.部分车辆成组的多车道混合车流噪声的计算机模拟.声学学报,1985,10(1):30~40.
 - 9 毛东兴,陶锦圣.交通噪声的衍射作用对住宅小区的影响.上海环境科学,1999,18(4):179~181.
 - 10 张邦俊,潘仲麟.临街建筑群中交通噪声的计算机模拟.环境科学学报,1993,13(4):450~459.
 - 11 Jacobs L J M, L Nijs, J J Van Willigenburg. A computer model to predict traffic noise in urban situations under free flow and traffic light conditions. Journal of Sound and Vibration,1980,72(4):523~537.
 - 12 Y. W. Lam. On the modeling of the effect of ground terrain profile in environmental noise calculations. Applied acoustics, 1994,42:99~123.

《环境科学》征稿简则

(1)稿件要观点明确,数据可靠,层次分明,结构完整,文字精练(一般不超过8000字)。

(2)来稿附中英文摘要,关键词,英译题目,作者姓名的汉语拼音,工作单位英文名称和作者简介.作者简介包括性别,出生年月,籍贯,学位,职称和主要研究方向。

(3)来稿应达到定稿要求,A₄纸激光打印样,一式2份。

(4)易混淆的外文字母请用铅笔标明文种,大小写,正斜体.文中首次出现的生物名称要给出拉丁学名;首次出现的缩写字母要先给出中文名称,括号内给出英文全名和缩写。

(5)插图除在文中相应处附上外,还需另附一份,应为激光打印样或绘图纸黑墨精绘样;照片必须黑白反差大,清晰;图的大小要适中(坐标图最好为方形,左右不超过60mm)。

(6)文中图表题下附英文对照。

(7)来稿必须使用国务院颁发的《中华人民共和国法定计量单位》(SI).论文中物理计量单位用字母符号表示,如mg(毫克),m(米),h(小时)等.科技名词术语用国内通用写法,作者译

的新名词术语,文中第一次出现时需注明原文。

(8)未公开发表的资料不列入参考文献.文献按文中出现的先后次序编排。

期刊:作者(外文也要姓列名前).论文名.期刊名,年,卷(期):页码(起页~止页)。

书籍:作者.书名,版次(第一版不标注).出版地:出版社(单位),年.页码(起页~止页)。

文集:作者.论文名.见(In):编者.文集名.出版地:出版社(单位),年.页码(起页~止页)。

专利文献:作者.题(篇)名.种类,专利号,年:页码。

(9)来稿文责自负,切勿一稿两投.编辑对来稿可作文字上和编辑技术上的修改和删节.对未刊稿件一般不退,请自留底稿。

(10)来稿请注明是否为国家或省部级科技攻关项目,国家自然科学基金项目和国际合作项目等。

(11)来稿请附单位业务介绍信及详细地址,邮编,电话号码,挂号寄至北京2871信箱《环境科学》编辑部.邮编:100085,电话:010-62941102。