

是利用适当的照明和慢速快门在胶片上记录下一小段的气泡运动轨迹。

(7) 由流动不稳定所引起的噪声其幅度和频率随流速的增加而提高,对气泡信号形成干扰,但其频率较低,故可用滤波器将其排除。但乳剂情况要比水的情况好很多,显然是由于乳剂的粘度大,流动较为稳定的原因。

(8) 在某胶片厂涂布车间生产线上,仪器

测出直径约  $80\mu\text{m}$  的单个气泡。

### 参 考 文 献

- [1] 胡昆、姬树森,声学技术,5(1986),30—31.
- [2] D. Cathignol, J. Y. Chapelon, V. L. Newhouse, P. M. Shankar, *IEEE Trans., UFFC* 37-1 (1990), 30—37.
- [3] P. M. 莫尔斯、K. U. 英格特,《理论声学》第11章,杨训仁等译,科学出版社,1986.

## 临街住宅阳台降噪缩尺模型研究

张 三 明

(浙江大学建筑系)

车 世 光

(清华大学建筑学院)

1989年4月28日收到

本文通过 1/10 缩尺模型,测得点声源在道路上不同位置时居室内之声级,把声源声功率级与室内声级之差作为衰减量用于交通噪声计算机模拟过程,即得在某种车流状态下居室内声级,通过比较各种情况下居室内声级,得出阳台及各种改进措施之降噪值。结果表明,在 1—5 层范围,阳台无实栏板、无吸声处理情况下,居室内声级反而高于无阳台居室 0—2dB。在上述阳台上作 1.1m 高实栏板及阳台顶贴一般吸声材料,两者共有 2—5dB 降噪效果。取消阳台顶板(强吸声),又能增加 1—4dB 降噪量。对阳台上也装窗的封闭阳台,在内外窗错位开启通风情况下,相对无阳台居室可有 14—15dB 附加降噪量。

### 一、介 绍

阳台在临街住宅具有降噪作用早被人们所证实<sup>[1]</sup>。阳台是住宅自身的一个部分,通过改进阳台设计,就能获得一定的降噪效果,且这种措施不用增加大量投资,也不影响住宅热环境,因此,这是非常值得研究的。

曾有学者研究过阳台降噪效果。J. I. Gustafsson 等人实测过一例<sup>[2]</sup>,因阳台降噪效果受许多因素影响,故其结果不能应用于其它情况。国内有人研究过阳台对点声源的降噪效果。由于点声源与交通噪声的不同,显然研究结果与实际情况也存有差异。D. J. Oldham 和 E. A. Mohsen 通过 1/10 缩尺模型及计算机模拟对建筑自身构件的降噪作用作过系统研究,其中包括住宅院墙、阳台、台阶式住宅

等<sup>[2-3]</sup>。但在他们的研究中没有考虑阳台顶面的反射声影响,而这一影响不仅存在,而且非常显著<sup>[4]</sup>。

从前面的分析知,对阳台的降噪特性仍缺乏足够的资料。本文在上述工作基础上,结合我国具体情况,对阳台降噪作了研究,其中包括一些改进措施的降噪效果。

交通噪声经过阳台、窗口传入室内,这是一个非常复杂的声传播过程,以至很难在理论上计算其声衰减。阳台降噪受许多因素影响,现场研究制约很多,很难作全面深入的研究。本文采用缩尺模型技术,利用模型测量固定点声源在道路上不同位置时在居室中形成的声级,以此获得点声源的声衰减量,把此衰减量用于交通噪声计算机模拟中,便可得到交通噪声在居室中形成的声级。通过比较在相同声源情况下有阳台与无阳台时的室内声级,即可得阳台

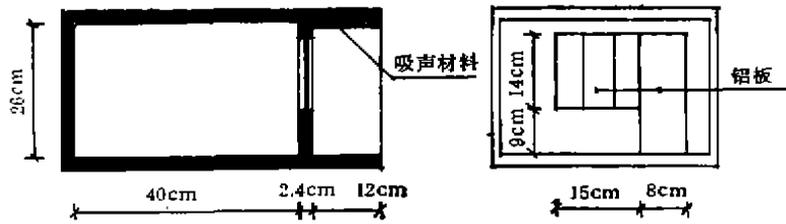


图1 居室模型

对交通噪声的降低值。这里用计算机模拟交通噪声，避免了在缩尺模型中模拟交通噪声的困难。

## 二、居室模型

在缩尺模型实验中，本文采用典型居室为对象进行研究。模型比例为1/10，模型居室室内净尺寸长宽高分别为40cm、35cm和26cm，相当原型一个14m<sup>2</sup>的居室。实验时开窗，但在窗中间的固定窗扇及门位置装铝板，门窗尺寸见图1。

模型居室四壁及地、顶板为粘在一起的两层12mm厚纸面石膏板，阳台栏板为9mm厚纸面石膏板。纸面石膏板表面吸声系数在模型测试频率范围(1kHz—20kHz)为0.04—0.08，与一般住宅饰面吸声系数相当。模型中窗玻璃用0.35mm厚铝板模拟。在模型隔声室测得的构件隔声量见图2。用0.35mm厚铝板模拟3mm厚玻璃窗隔声量十分吻合，两层石膏板的隔声量已足够大，透过它进入居室的声能与从窗洞进入居室的声能相比已可忽略，故满足实验要求。

根据实测及文献<sup>[9]</sup>，一般布置有家俱而没有地毯的居室混响时间在0.5s左右，为使模拟效果更好，模型居室混响时间也作了相应调整，使其为0.05s左右。

## 三、实验变量

在实际中，有的阳台两侧有从楼面到顶的档板，因其声学效果与凹阳台相同，故把这类阳

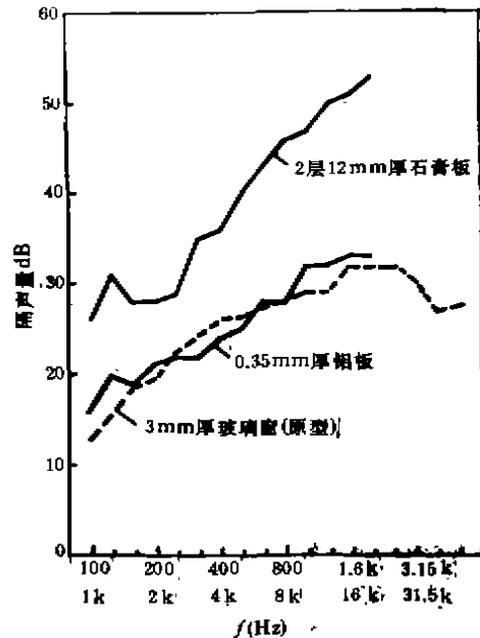


图2 构件隔声量

台归为凹阳台。没有上下贯通侧板的阳台简称为凹阳台。这样，所有阳台分为凹阳台和凸阳台两种基本形式，包括无阳台的情形，住宅立面共有三种基本形式(图3)。

目前，已有许多住宅阳台上装有玻璃窗，这对防噪极为有利，本文对内外两层窗错位开启，即仍有自然通风(图4)，顶板及1.2m以上侧板有吸声材料这一情况也作了研究。

我们设居室外墙(有阳台时为阳台外边)离交通道路中心线分10m和20m两种，居室离地面高度分0m(底层)、6m和12m三种。

实验中所用吸声材料为8mm厚聚胺脂泡沫塑料，其模型混响室吸声系数见图5，这样的吸声系数在实际中不难达到。为找出阳台顶板

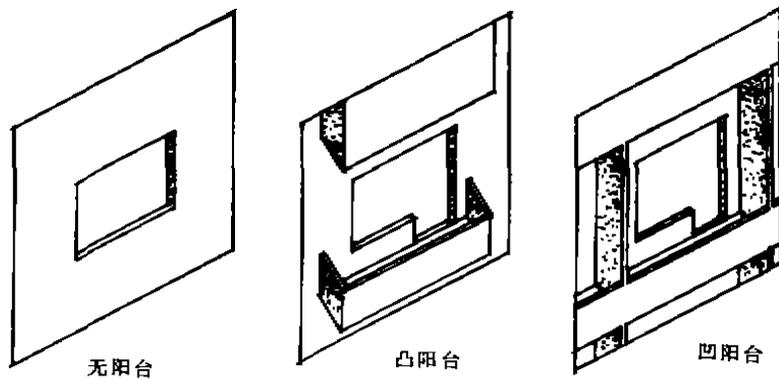


图 3 住宅立面三种基本形式

表 1 阳台降噪研究变量表

阳台形式	居室离地高度 (m)	外墙至道路距离 (m)	栏 板	吸 声
无阳台	0	10	无栏板	无吸声
凸阳台	6	20	高板高 1.1m	顶有吸声
凹阳台	12		栏板高 1.1m 栏板外挑 25cm 栏板上装玻璃窗	顶板及两侧板上部有吸声 无顶板

注：表中尺寸为原型尺寸。

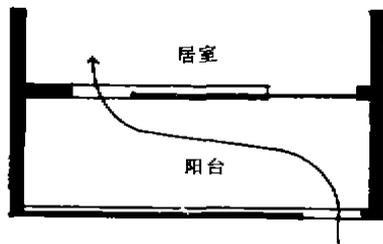


图 4 阳台内外两窗错位开启通风

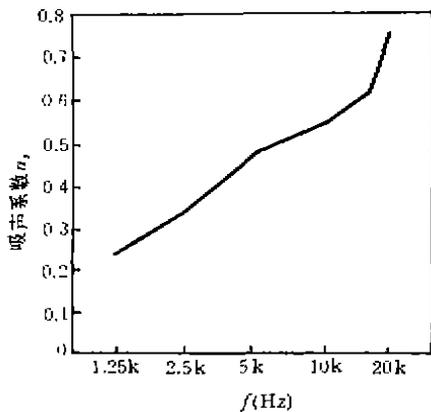


图 5 8mm 厚泡沫塑料吸声系数

应用声学

表面吸声大小对降噪的影响，本文把去掉阳台顶板作为顶板吸声最大极限值。

阳台栏板情况分无栏板（栏杆）、1.1m 高栏板、1.1m 高栏板上沿外挑 25cm 及栏板上装窗封闭阳台四种情况。所有变量见表 1。

#### 四、模型实验

实验在一个简易半消声室中进行，该半消声室提供的半自由场能满足实验要求，其水磨石地面正好模拟路面及住宅周围硬质地面。模型测试布置见图 6。

测试道路长度取 17m（原型 170m），17m 路段以外的声源噪声由于距离的衰减，其影响很小，相对可以忽略不计。考虑到路段、居室的对称性，实际只测点源在一半路段上的声衰减。由于受实验室大小的限制，声源有几次实际设置在声源应该所在点与模型居室的连线上（图 6），由距离不同引起的声级差值  $\Delta L$  按式 1 在计算机程序中进行修正。

$$\Delta L = 20 \lg (r_1/r_2) \quad (1)$$

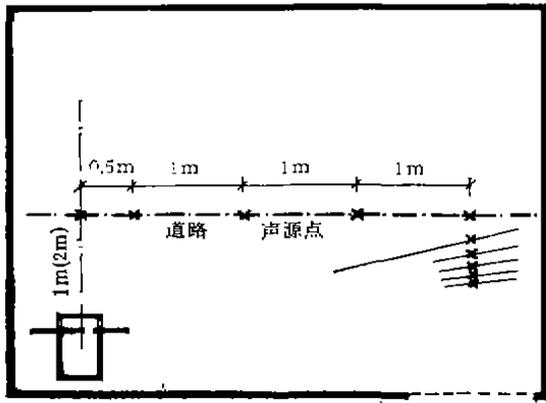


图6 模型测试布置

式中： $r_1$ ——车道上声源点至窗中心距离，  
 $r_2$ ——实际声源点至窗中心距离。

声源采用一高频头，高频头水平嵌在一块贴地的厚石膏板中(图7)。声源在水平方向无指向性，在垂直方向近似无指向性，因本文只作各个距离、各层声压级的相对比较，故声源的指向特性能满足要求。本文分频(1/3倍频程)测量声级，故对声源频谱无特殊要求，只要每个频带的声级足够高即可。

实验采用实时分析仪与计算机联机的办法，用实时分析仪测量并记录声源在道路上10个位置时居室中1/3倍频程声压级，计算机处理测试结果。测试装置见图7。测试中噪声发生器产生白噪声信号，经放大器放大供给扬声器，并用电压表监视放大器输出电压，以使声源声功率保持恒定不变。测试频率范围为1kHz—20kHz，相当原型100Hz—2kHz，即交通噪声主要频率范围。

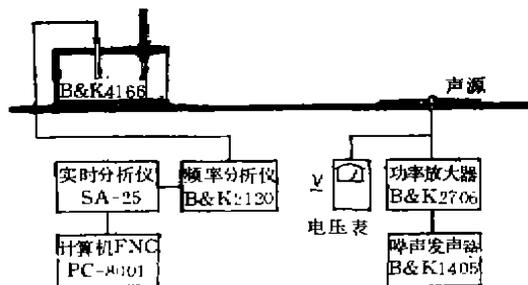


图7 模型测试装置示意图

传声器用1/2英寸B&K4166电容传声器，由居室顶板插入拾取信号。所用传声器在20kHz附近有一定的指向性，由于居室内部近似扩散声场，传声器的指向性对最终结果不会有多大影响。

## 五、测试结果处理及交通噪声模拟

有了固定点声源在道路上不同位置时在居室内产生的声压级，数据修正及交通噪声模拟都可在计算机上进行。在交通噪声模型中，本文把车辆分为四类<sup>[4]</sup>，即：I. 重型车：重型卡车、大型客车、拖拉机；II. 次重型车：卡车、客车、摩托车(80cc以上)；III. 中型车：吉普车、面包车、小型摩托车；IV. 轻型车：小汽车、小型面包车。四类车的声功率级 $L_w$ 与车速的关系确定为：

$$I: L_w = 98 + 0.3V;$$

$$II: L_w = 96 + 0.26V$$

$$III: L_w = 88 + 0.3V;$$

$$IV: L_w = 83 + 0.3V$$

四类车的噪声频谱根据现场实测及文献<sup>[5]</sup>综合得到(图8)，因其对最终结果影响不大，故假设频谱不随车速改变。

计算机模拟分三步进行，中间值存入数据文件，这样便于改变模拟参量，缩短运算时间。

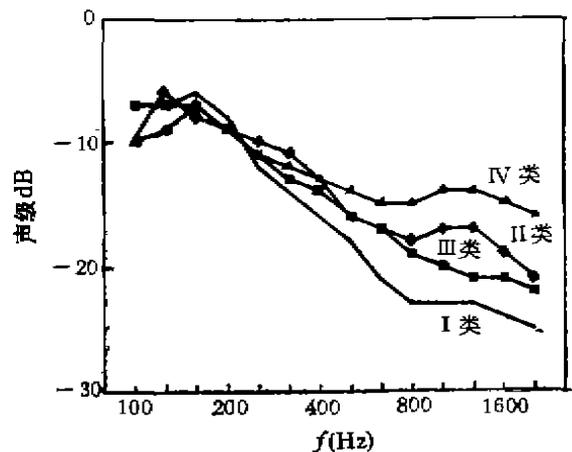


图8 四类车噪声频谱

第一步计算点声源在道路上各点时其  $1/3$  倍频程声功率级与室内声压级之差。除部分数据需作距离修正外,还因模型测试频率较高,空气吸收不能忽略,本文根据 L. C. Sutherland 介绍的方法计算空气吸收修正系数<sup>[6]</sup>。对确定的频率,空气吸收决定于空气温度和相对湿度,因实验环境温度(16℃)、相对湿度(60%)非常稳定,故修正系数取为常数(表 2)。

表 2 空气吸收修正系数  $t = 16^\circ\text{C}$ ,  $h = 60\%$

频率 Hz	10k	12.5k	16k	20k
吸收系数 dB/m	0.14	0.21	0.33	0.48

第二步是根据四类车频谱分别计算它们在道路上各点时,车辆 A 计权声功率级与室内 A 声级之差。

第三步是交通噪声模拟及室内声级计算。交通噪声模拟方法参考随机车流模型<sup>[7]</sup>,但采用随机分布车流模型所得声级最大有 2dB 之波动。由于阳台降噪值只有几分贝之大,2dB 之波动是不允许的,故本文采用均匀分布车流模型,即假设四类车分别均匀地分布在平均车道上以一定速度行进。同时,对四类车车流第一辆车到达观测路段起点时刻也给予事先确定。实际上,均匀分布车流模型是随机分布车流模型的一种。采用均匀分布车流模型,在模拟参量不变时,模拟结果也是稳定不变的,这就满足了本文的要求。

表 3 四类车速度及所占比例

车种	I	II	III	IV
车速 km/s	35	35	45	45
车种比例%	15	25	30	30

本文在交通噪声模拟中,车流量取 1000 辆/时,室内背景声级取 35dBA,四类车车速及所占比例见表 3。

应用声学

## 六、模拟结果及讨论

把无阳台居室在不同距离、不同高度时的室内声级作为参考声级,把有各种阳台时的室内声级与之作对应比较,两者差值即为阳台降噪量。因阳台对  $L_{10}(\text{dBA})$  和  $Leq(\text{dBA})$  的降低相差不大,这里只列对  $Leq(\text{dBA})$  的降低值。各种阳台对  $Leq$  的降低值见图 9 和图 10。从中可知,阳台顶板反射声作用相当明显,不论凸阳台还是凹阳台,在无实栏杆、顶板无吸声情况下,室内声级都高于无阳台居室。

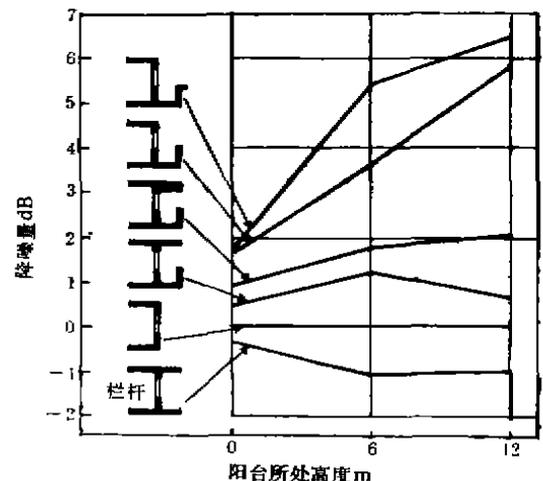


图 9 各种凸阳台离路 10m 时降噪量 ( $Leq(A)$ )

从图 9 中可以看出各种凸阳台及改进措施的降噪效果。从无栏杆加上 1.1m 高实栏杆及阳台顶板上贴吸声材料都有降噪作用,但效果较小。把顶板的吸声加大到极限值即去掉顶板,降噪量明显提高。在 1.1m 栏杆上沿外挑 25cm 也能获得较好的改善效果。

图 10 是凹阳台的各种情形,与凸阳台一样,1.1m 高栏杆及贴一般吸声材料降噪效果都不大。建筑离道路 10m 和 20m 两种情况下,各种措施无明显差别。

为验证交通噪声模拟过程中各种参量的变化对最终结果的影响,本文以凹阳台、1.1m 栏杆、顶有吸声材料方案为例进行比较,发现车流量大小对降噪值无明显影响,车种比对降噪量

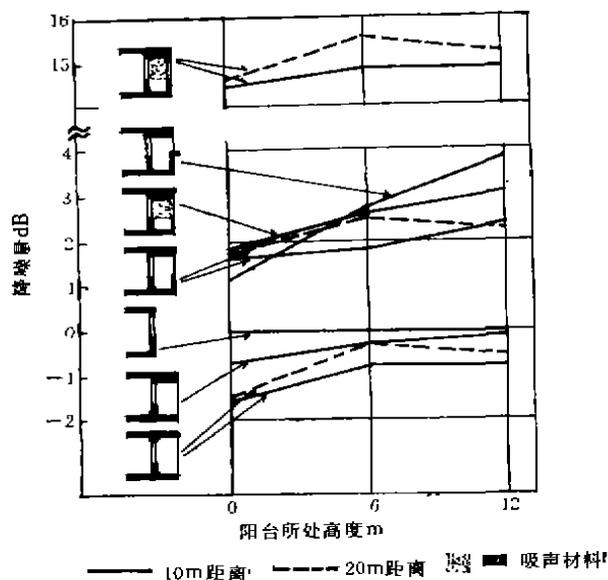


图 10 各种凹阳台离路 10m、20m 时降噪量 (Leq(A))

有影响,当车流中全是轻型车时,降噪值还将提高约 1.5dB。当车流中全是重型车时,降噪值约下降 0.5dB。这是由于噪声频谱的改变及阳台对高频声的降低优于低频声所至。

通过本文工作可得如下结论:居室开窗情况下,在阳台上采取简单的改进措施,与只有栏杆时相比,在一至五层范围室内可有 2—5dB(A) 附加降噪量。若顶板作强吸声处理,降噪量还可提高 1—4dB(A),且吸声降噪量呈现随建筑高度增加而增大的趋势。对阳台上装有窗的住宅,在内外窗错位开启通风情况下也可有 15dB(A) 左右的附加降噪量,这对临街住宅防噪十分有利。

### 参 考 文 献

- [1] J. I. Gustafsson and S. Sinarsson, *Inter-noise 73*, 1973, 271—275.
- [2] E. A. Mohsen and D. J. Oldham, *Appl. Acoust.*, **10**-4(1977), 243—257.
- [3] D. J. Oldham and E. A. Mohsen, *J. Sound & Vib.*, **65**-4 (1979), 557—581.
- [4] 石井聖光、橘秀樹(日), *音響技術*, **3**-1(1974) 95—103.
- [5] M. A. Burgess and W. A. Utley, *Appl. Acoust.*, **18**-5(1985), 369—380.
- [6] 胡天羽、张昌铃, *声学学报*, **14**-2(1989), 117—125.
- [7] P. T. Lewis, *J. Sound & Vib.*, **30**-2 (1973), 191—206.
- [8] L. C. Sutherland, DOT-TST-75-87, 1975.
- [9] 吴頌贤, *声学学报*, **7**-5(1982), 302—309.

## 深水宽频带收发换能器

肖今新 丁训权  
(702 所)

蔡志恂  
(721 厂)

1989年9月26日收到

本文介绍了一种在深海多通道应答系统中用来检测声信号的收发两用宽带换能器的设计和制作。利用自由液浸环式换能器的液腔和陶瓷环耦合共振的原理,简化了换能器的结构和工艺。所制作的换