

城市声环境的综合评价^①

杨志华

(建筑学系)

摘要 本文利用模糊数学聚类分析的方法,对城市环境噪声声级进行了分类,得到了与 *Lehmann* 的“噪声品级”分类相吻合的结果。

关键词 城市 环境噪声 分类

前言

创造一个舒适的人工环境是建筑规划与设计者长期寻求的目标。从广义上来讲,建筑规划与设计者工作的对象——建筑物本身就是一种人工环境,它是为了满足社会需要,用物质技术手段,在科学规律和美学法则的支配下,对空间进行分割、限定而创造出来的人工环境。这个人工环境与自然环境明显的区别在于它比自然环境更舒适,更利于人们的生产和生活。

在城市中,舒适的环境是由很多因素决定的。现在人们普遍认为,舒适的环境必须具备以下八个因素:(1)清新的空气;(2)安静的环境;(3)能经常看到绿化;(4)能接触水面;(5)环境优美;(6)具有历史性的气氛;(7)有可以悠闲散步的场所;(8)有娱乐设施。在上述八个因素中,安静的环境、空气清新和绿化是最基本的因素。由此可见,声环境作为城市环境的首要组成部分与城市环境的优劣直接相关。城市规划设计应把环境是否安静作为城市环境质量评价的一个重要指标。

优美的城市环境须具有安静的声环境作保证。而实际的情况是,随着人类物质文化生活水平的不断提高,随着工业生产和交通运输业的迅速发展,噪声的污染源越来越多,所发生的噪声越来越强,使人们生活和工作的环境受到日益严重的污染。噪声污染与水污染和空气污染一起被公认为是当代世界上的三大公害。为了防止城市声环境的进一步恶化,确保居民生活、休息环境的舒适,很多国家制定了各自的城市声环境保护法规,对城市中各类地区的噪声声级的允许范围作出了具体的规定。在我国,于1982年公布了我国的“城市区域环境噪声标准”。⁽¹⁾

1 噪声干扰程度的提出

在“城市区域环境噪声标准”中,根据城市不同功能区域对声环境的要求不同,规定了城市中不同区域的噪声允许的最大声级。这是因为不同声级的噪声对人们的干扰程度是不同的。有些声级的噪声仅干扰到人们的正常休息和思维活动,有些声级的噪声则会使人

律不齐甚至产生听力障碍。一般来说, 声级高的噪声其干扰程度比声级低的干扰程度大。但噪声对人们的干扰是多方面的, 噪声的干扰程度是一个主观感觉量, 而通过人们的主观感觉是无法准确地判断一个噪声的干扰程度究竟有多大, 所以噪声干扰程度的外延是模糊的。我们可借助模糊数学的方法对城市中噪声的干扰问题进行综合的分析。

2 聚类分析方法

本文应用模糊数学中聚类分析的方法, 根据噪声对人们生活、工作的干扰程度的大小, 对噪声声级进行分类。噪声对人们的干扰是多方面的, 这里主要从噪声对人们生产能力的影 响, 噪声对学习 与教学的影响, 噪声对人们睡眠的影响以及噪声对听力的损伤这四个方 面来综合评价一个噪声对人们的干扰程度。由于在人们的日常生活和生产活动中, 通常接触到的噪声声级是在 30~90 dB (A) 的范围内。本文主要分析这一范围内的噪声对城市居民的干扰程度。在数学处理方法上, 选取 8 个有代表意义的声级进行分析。这 8 个声级分别是: $L_1=30$ dB (A), $L_2=40$ dB (A), $L_3=50$ dB (A), $L_4=60$ dB (A), $L_5=65$ dB (A), $L_6=70$ dB (A), $L_7=80$ dB (A), $L_8=90$ dB (A)。

噪声对人们生产能力的影响, 可由噪声使人们的工作效率损失来描述, 这方面的工作已由 Laird 的研究结果给出^[2]。即当噪声声级提高时, 工作效率明显降低, 其工作效率的损失量由表 1 给出。

表 1 噪声声级对工作效率的影响

| 声 级 / dB(A) | 30 | 40 | 50 | 60 | 65 | 70 | 80 | 90 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 工作效率损失量(×100%) | 0.0092 | 0.0096 | 0.0102 | 0.0122 | 0.0137 | 0.0174 | 0.0231 | 0.0306 |

噪声对教学与学习的影响, 可由在噪声的干扰下, 学生在教室内对教师的教学语言信息的损失量来描述, 这方面的资料由迈斯特的研究结果给出^[2]。迈斯特认为在教室里为了保证学生能听懂课, 语言的信息损失量应足够小。当教师的语言声级在 60 dB (A) 的情况下, 噪声使语言信息的损失量值如表 2 所示。

表 2 噪声对教学与学习的影响

| 声 级 / dB(A) | 30 | 40 | 50 | 60 | 65 | 70 | 80 | 90 |
|--------------|-------|-------|------|------|------|------|----|----|
| 信息损失量(×100%) | 0.013 | 0.045 | 0.12 | 0.38 | 0.68 | 0.85 | 1 | 1 |

噪声对睡眠的影响, 主要指对睡眠深度的影响和噪声把入睡者唤醒这两个方面。为了进行定量的分析, 我们主要以噪声把入睡者唤醒的人数为指标, 并以此来衡量噪声对睡眠的干扰程度。这方面的工作由施泰尼克完成^[2]。他对大量的人采样挑选, 选中的人有男有女, 且年龄、职业各不相同。在实验中, 测量的噪声声级由 30 dB (A) 开始逐渐增加, 噪声信号的持续时间为 3 分钟, 所得的结果如表 3 所示。

表 3 噪声对睡眠的影响

| 声 级 / dB(A) | 30 | 40 | 50 | 60 | 65 | 70 | 80 | 90 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| 被唤醒的人数(×100%) | 0.02 | 0.40 | 0.68 | 0.83 | 0.86 | 0.90 | 0.95 | 1 |

噪声对听力的损伤程度可用在不同的噪声环境下, 在一定的时间内, 听力损伤人数的多少来描述。显然, 噪声声级越高, 听力受损伤的人数越多, 这方面的工作是由国际标准化组织 (ISO) 进行的^[3], 具体的数据如表4所示。

表4 噪声对听力的损伤

| 声 级 / dB(A) | 30 | 40 | 50 | 60 | 65 | 70 | 80 | 90 |
|---------------|----|----|----|------|------|------|------|------|
| 听力损伤人数(×100%) | 0 | 0 | 0 | 0.01 | 0.05 | 0.10 | 0.14 | 0.32 |

3 数据处理及分析

有了上述的四个数表后, 我们就可以建立模糊关系矩阵了。构造模糊关系矩阵的方法一般有十四种^[4], 最常用的有广义夹角余弦法和广义欧几里德距离法。本文用广义夹角余弦法求任意两个声级对人们生活影响的相似程度:

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^m X_{ik} \cdot X_{jk}}{\sqrt{(\sum_{k=1}^m X_{ik}^2)} \cdot \sqrt{(\sum_{k=1}^m X_{jk}^2)}} \quad \begin{pmatrix} i, j = 1, 2, 3, \dots, 8 \\ k = 1, 2, 3, 4 \end{pmatrix}$$

其中, X_{ik} 由上面提供的四个数表给出。经计算得模糊相容矩阵为:

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0.8409 & 0.8628 & 0.9264 & 0.9312 & 0.9186 & 0.9075 & 0.8964 \\ 0.8409 & 1 & 0.9981 & 0.9718 & 0.848 & 0.7967 & 0.7617 & 0.7626 \\ 0.8628 & 0.9981 & 1 & 0.9677 & 0.8793 & 0.8326 & 0.8002 & 0.7991 \\ 0.9264 & 0.9718 & 0.9677 & 1 & 0.9708 & 0.9446 & 0.9243 & 0.9165 \\ 0.9312 & 0.848 & 0.8793 & 0.9708 & 1 & 0.9955 & 0.9884 & 0.9777 \\ 0.9186 & 0.7967 & 0.8326 & 0.9446 & 0.9955 & 1 & 0.9983 & 0.9895 \\ 0.9075 & 0.7617 & 0.8002 & 0.9243 & 0.9884 & 0.9983 & 1 & 0.9923 \\ 0.8964 & 0.7626 & 0.7991 & 0.9165 & 0.9777 & 0.9895 & 0.9923 & 1 \end{bmatrix}$$

下面由 $\underline{R}_2 = \underline{R} \cdot \underline{R}$, $\underline{R}_4 = \underline{R}_2 \cdot \underline{R}_2 \dots$ 求模糊等价关系矩阵:

$$\underline{R}_2 = \underline{R} \cdot \underline{R} = \begin{bmatrix} 1 & 0.9264 & 0.9264 & 0.9312 & 0.9312 & 0.9312 & 0.9312 & 0.9312 \\ 0.9264 & 1 & 0.9981 & 0.9718 & 0.9708 & 0.9446 & 0.9243 & 0.9165 \\ 0.9264 & 0.9981 & 1 & 0.9718 & 0.9677 & 0.9446 & 0.9243 & 0.9165 \\ 0.9312 & 0.9718 & 0.9718 & 1 & 0.9708 & 0.9708 & 0.9708 & 0.9708 \\ 0.9312 & 0.9708 & 0.9677 & 0.9708 & 1 & 0.9955 & 0.9955 & 0.9895 \\ 0.9312 & 0.9446 & 0.9446 & 0.9708 & 0.9955 & 1 & 0.9983 & 0.9923 \\ 0.9312 & 0.9243 & 0.9243 & 0.9708 & 0.9955 & 0.9983 & 1 & 0.9923 \\ 0.9312 & 0.9165 & 0.9165 & 0.9708 & 0.9895 & 0.9923 & 0.9923 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\tilde{R}_4 = \tilde{R}_2 \cdot \tilde{R}_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0.9312 & 0.9312 & 0.9312 & 0.9312 & 0.9312 & 0.9312 & 0.9312 \\ 0.9312 & 1 & 0.9981 & 0.9718 & 0.9708 & 0.9708 & 0.9708 & 0.9708 \\ 0.9312 & 0.9981 & 1 & 0.9718 & 0.9708 & 0.9708 & 0.9708 & 0.9708 \\ 0.9312 & 0.9718 & 0.9718 & 1 & 0.9708 & 0.9708 & 0.9708 & 0.9708 \\ 0.9312 & 0.9708 & 0.9708 & 0.9708 & 1 & 0.9955 & 0.9955 & 0.9923 \\ 0.9312 & 0.9708 & 0.9708 & 0.9708 & 0.9955 & 1 & 0.9983 & 0.9923 \\ 0.9312 & 0.9708 & 0.9708 & 0.9708 & 0.9955 & 0.9983 & 1 & 0.9923 \\ 0.9312 & 0.9708 & 0.9708 & 0.9708 & 0.9923 & 0.9923 & 0.9923 & 1 \end{bmatrix}$$

由 $\tilde{R}_8 = \tilde{R}_4 \cdot \tilde{R}_4 = \tilde{R}_4$ 知: \tilde{R}_4 是模糊等价关系矩阵。现利用模糊关系进行分类^[5]:

取 $\lambda_1 = 0.9984$ 时, 8个声级分为8类;

取 $\lambda_2 = 0.9982$ 时, 8个声级分为7类, 即:

$\{L_1\}, \{L_2\}, \{L_3\}, \{L_4\}, \{L_5\}, \{L_6, L_7\}, \{L_8\}$;

取 $\lambda_3 = 0.996$ 时, 8个声级分为6类, 即:

$\{L_1\}, \{L_2, L_3\}, \{L_4\}, \{L_5\}, \{L_6, L_7\}, \{L_8\}$;

取 $\lambda_4 = 0.993$ 时, 8个声级分为5类, 即:

$\{L_1\}, \{L_2, L_3\}, \{L_4\}, \{L_5, L_6, L_7\}, \{L_8\}$;

取 $\lambda_5 = 0.98$ 时, 8个声级分为4类, 即:

$\{L_1\}, \{L_2, L_3\}, \{L_4\}, \{L_5, L_6, L_7, L_8\}$;

取 $\lambda_6 = 0.971$ 时, 8个声级分为3类, 即:

$\{L_1\}, \{L_2, L_3, L_4\}, \{L_5, L_6, L_7, L_8\}$;

取 $\lambda_7 = 0.97$ 时, 8个声级分为2类, 即:

$\{L_1\}, \{L_2, L_3, L_4, L_5, L_6, L_7, L_8\}$;

取 $\lambda_8 = 0.93$ 时, 8个声级合为1类。

由上述分类过程可得系统分类图 (见图1)

从系统分类图可知, L_6 与 L_7

首先合成一类, 它们对应的声级是 70 dB (A) 和 80 dB (A), 这类声级是交通干线及重工业区的噪声范围, 是在人们的生活和生产活动中常接触到的干扰极为严重的一类噪声, 它严重影响人类言语的交谈, 使百分之九十以上的人惊醒, 在这类噪声环境中持续工作的人会出现明显的听力下降。另外, L_2 、

L_3 也易合成一类, 这类噪声是城市特殊住宅区、居民文教区的噪声控制范围, 它对人们的生活和生产活动干扰很小, 对人的听力不会产生任何伤害, 对人的工作效率及语言交谈

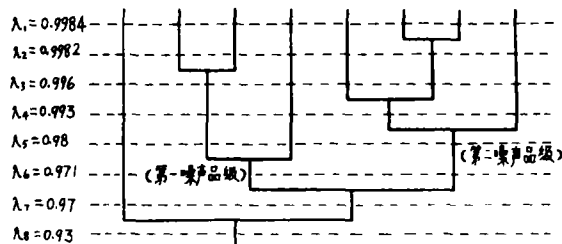


图1 噪声系统分类图

的干扰小。但对人们夜间睡眠有一定的干扰,适合于集中精力的脑力劳动及课堂教学。介于 $\{L_6, L_7\}$ 与 $\{L_2, L_3\}$ 之间的是 $L_4=60$ dB (A)。这一噪声是商业中心区及二类混合区的环境噪声控制标准。

4 结 语

在本文的城市环境噪声分类过程中, 40~60 dB (A) 与 65~90 dB (A) 在很大程度上始终各成一类, 这与 Lehmann 的“噪声品级”分类^[2]相吻合。在 曼的“噪声品级”分类中, 40~60 dB (A) 属第一噪声品级, 65~90 dB (A) 属第二噪声品级。另外, 本文的分析结果与 Lehmann 的分类也有一定的差异。在本文的分类过程中, 30 dB (A) 一直自成一类, 它属于对人们的生活几乎无任何干扰的一类声级, 而不同于第一噪声品级内的其它声级会人们的生活有一定程度的干扰。

参 考 文 献

- 1 建研院物理所. 建筑声学设计手册. 中国建筑工业出版社, 1987
- 2 L. H. 肖丁尼斯基. 声育、人、建筑. 中国建筑工业出版社, 1985
- 3 赵松龄. 噪声的降低与隔离. 同济大学出版社, 1985
- 4 吴望名, 陈永义. 应用模糊集方法. 北京师范大学出版社, 1985
- 5 冯德益. 数世博. 模糊数学方法与应用. 地震出版社, 1985

Integrative Appraisal on City Environmental Noise

Yang Zhihua

(Architecture Department)

Abstract By means of Pattern Classification based on Fuzzy Relation, sound level of city environmental noise is classified. The result is in conformity with classification of Lehmann's "noise grade".

Key words: city, environmental noise, classification

* * * * *

(上接第 97 页)

analysed. The main points of conclusion are: 1) Both of the cities have, in outward space arrangement, the distinctive of features of easily distinguishing, solid alternating with soft, and merging materid function and spiritual life into a whole; 2) the natural environment, the culture and ideology, and the employment function are all have strong influences and restrictive effects.

Key words: outward space, space arrangement, Dali, Ligiang, culture and ideology, arrangement, boundary side joint