

环境振动主观评价规律初探

涂瑞和 战嘉恺 孙家其 方丹群

(北京市劳动保护科学研究所)

摘要 依据在我国五个城市进行的环境振动对居民影响的调查结果,本文分析了居民对环境振动的主观评价规律,表明烦恼率随振级的增高而升高,烦恼率随振级变化的整体趋势呈现出S形状。用 χ^2 检验法、心理物理学原则及S曲线拐点法计算出居民烦恼阈限振级在70—76 dB范围。本文的结果为制定我国城市区域环境振动标准提供了基本依据。

环境振动是城市公害之一,近几年来环境振动对居民日常生活的干扰和影响已引起广泛关注^[1]。研究城市居民对环境振动的主观评价规律,是制定城市区域环境振动标准的基础工作。为此,我们在我国五个城市就环境振动污染现状、居民的主观评价等方面作了大量的社会调查和振动测量。本文着重探讨工业设备引起环境振动的主观评价规律。

一、研究方法

(一) 社会调查

参考国外有关环境振动研究方法^[2,3],设计了《环境振动污染调查表》,该表重点放在调查居民对环境振动干扰和影响日常生活方面的评价。每个居民填写一张调查表,要求居民按日常感受如实填写或回答表中各项内容。

居民的主观评价档次有多种衡量尺度,我们采用比较常用的“五档”尺度^[4],如“振动感觉”这一项的评价档次是“感觉不到”、“轻振感”、“中等振感”、“强振感”、“无法忍受”。

因为被调查者要对调查表中的内容作出客观的评价,故将年龄在18—70岁、身体健康居民所填写的表(称为有效调查表)作为统计和分析对象。在北京、上海、南京、沈阳、吉林五个城市中一共收到1665张有效调查表。

(二) 振动测量

每户居民家中布置一个振动测量点,测点位置选在室内地面中央,测量值是铅垂向 z 振级(以下简称振级,记为VL)。对于稳态振动,读取5秒钟内平均振级作为评价量;对于冲击振动,读取每次冲击振动的最大振级,以10次读值的算术平均值作为评价

量;对于无规振动,每5秒钟读取一振级,连续读取200个振级,以统计振级VL₁₀作为评价量。

本次测量所用仪器为日本NODE 3160型公害振级计、北京测振仪器厂GHZ-1型公害测振仪。振级的基准加速度是 $a = 10^{-6} \text{ m/s}^2$,与国际标准定义一致^[4]。

(三) 数据处理

1. 把居民所填的调查表与该居民室内振级一一对应,并将调查表按中心振级分组,如振级在72.4—77.5 dB的调查表都分在中心振级为75 dB组。根据实测结果,分成60、65、70、75、80、85、90 dB共七个组。

2. 若居民在五档评价中对后二档之一有肯定的评价,则居民的评价看成是“烦恼”或“干扰”评价,分别统计出各中心振级组的烦恼(干扰)评价百分率,简称烦恼率。

3. 对烦恼率—振级关系用直线、对数、指数、S曲线回归,并比较相关性,研究烦恼率随振级变化规律。

4. 用 χ^2 检验法、心理物理学原则(50%原则)及S曲线拐点法计算居民烦恼评价的阈限振级。

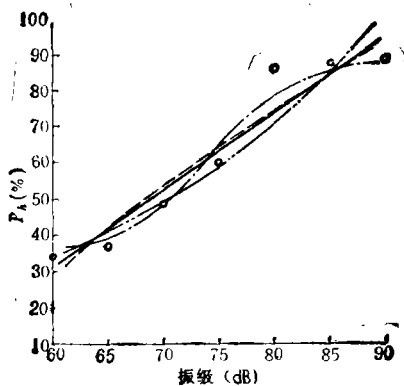
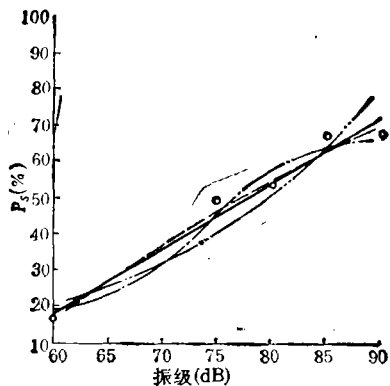
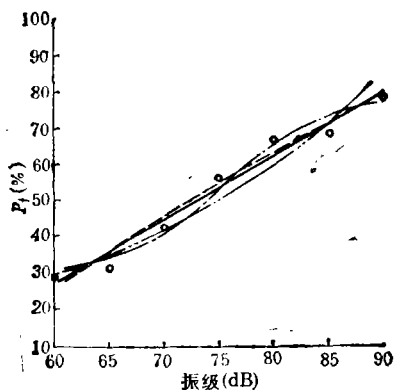
二、结果和分析

(一) 烦恼率随振级变化规律

经过研究结果证实了不同振级组有不同的烦恼率,振级越高,振动就越强烈,烦恼率也越高。

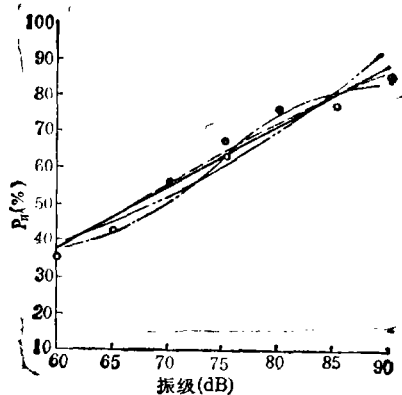
1. 单项烦恼率

根据调查和测量结果统计出各振级组的振感率 P_a 、学习思考干扰率 P_i 、入睡干扰率 P_j 和觉醒率 P_w ,它们与振级的关系如图1—4所示。为了建立

图1 振感率 (P_A) 与振级关系图2 学习思考干扰率 (P_L) 与振级关系图3 入睡干扰率 (P_I) 与振级关系

烦恼率和振级之间的函数关系,将烦恼率对振级作直线、对数、指数、S曲线回归,回归系数如表1所示。

从图1—4可看到,烦恼率随振级增高而升高,

图4 觉醒率 (P_W) 与振级关系表1 烦恼率回归曲线的回归系数 r

曲线	直线	对数	指数	S 曲线
P_A	0.961	0.962	0.965	0.958
P_L	0.989	0.992	0.962	0.922
P_I	0.986	0.985	0.976	0.911
P_W	0.982	0.989	0.963	0.894

在 60—90 dB 范围内振级增高 5 dB 烦恼率平均增加 8% 左右,但是,振级每增高 5 dB 时,相邻两振级组的烦恼率升高幅度是不同的:振级由 60 dB 上升到 65 dB、80 dB 上升到 85 dB、85 dB 上升到 90 dB,烦恼率升高比较缓慢,升高量是 5%/5 dB;当振级由 65 dB 上升到 70 dB、70 dB 上升到 75 dB、75 dB 上升到 80 dB 时,烦恼率迅速升高,升高量是 12%/5 dB。

上述烦恼率变化趋势的原因是:当振级为 60 dB、65 dB 时,一般人感觉不到振动,振动对居民的影响不明显。振级从 60 dB 上升到 65 dB,烦恼率稍有增加。当振级达到或超过 70 dB 时,振动对居民日常生活开始有明显的影响,因而对振动作出烦恼评价的居民人数迅速增加(即烦恼率迅速上升)。振级一旦超过 80 dB,大部分居民都对振动感到烦恼了。因而振级再升高,烦恼率上升就不明显了。这就是说,在较低振级和较高振级范围内烦恼率升高缓慢,而在中等振级范围内烦恼率迅速上升,烦恼率—振级的这种整体变化趋势呈现出“S”形。

表1列出的回归系数都较高,经回归系数显著性检验表明:用直线、指数、对数、S曲线作回归,烦恼率与振级都存在着显著的回归关系^[1]。因此,从理论上讲,选用直线、指数、对数、S曲线表示烦恼

率—振级的关系都是合理的。我们选用了 S 曲线，其理由是：①烦恼率随振级整体变化关系呈 S 形；②对数、指数及 S 曲线都是经直线化的回归，表 2 中的回归系数 r 并不能比较出回归曲线的相对优劣势，经过比较回归误差平方和发现，S 曲线比其它曲线的回归效果更优。图 1—4 中四条 S 曲线的方程分别是：

$$P_A(\%) = \frac{53}{1 + 2.2 \times 10^4 \times e^{-0.25 \times VL}} + 34 \quad (1)$$

$$P_L(\%) = \frac{51}{1 + 2.5 \times 10^7 \times e^{-0.23 \times VL}} + 17 \quad (2)$$

$$P_I(\%) = \frac{49}{1 + 2.4 \times 10^7 \times e^{-0.23 \times VL}} + 29 \quad (3)$$

$$P_w(\%) = \frac{49}{1 + 8.9 \times 10^6 \times e^{-0.21 \times VL}} + 35 \quad (4)$$

式中 VL 表示振级。

2. 综合烦恼率

在实际情况下，居民给出的评价是他们对环境振动的一种综合评价，即居民给出的是振动对睡眠、学习和思考、休息等日常生活干扰和影响程度的综合评价，与综合评价相应的烦恼率是综合烦恼率 P_c 。综合烦恼率 P_c 与振级的关系如图 5 所示。

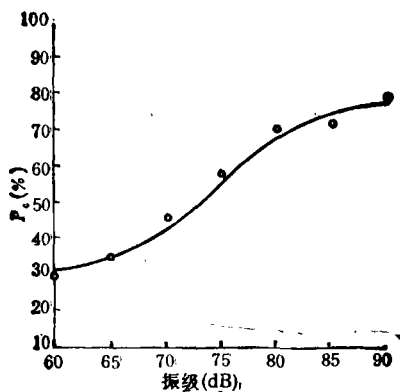


图 5 综合烦恼率 P_c 与振级关系

从图 5 可以看到， P_c 随振级的变化也呈现 S 形。用 S 曲线表示 P_c 与振级 VL 的关系，其方程为

$$P_c(\%) = \frac{49}{1 + 1.8 \times 10^7 \times e^{-0.22 \times VL}} + 29 \quad (5)$$

式 (5) 中 VL 表示振级。

式 (1) — (5) 表示了各项烦恼率随振级的变化规律。

(二) 环境振动的几个阈限振级

1. μ 检验法给出环境振动成为干扰因素的最小振级

振级在 60—90 dB 范围内，振级每增加 5 dB 烦恼率的升高幅度不同，为了比较各组的烦恼率是否有显著性差异，可用 μ 检验法*。用 60 dB 组的烦恼率作基准，将更高振级组的烦恼率与基准组的烦恼率相比，并作 μ 检验。检验结果表明：65 dB 组的烦恼率与 60 dB 组的烦恼率无显著差异，而 70 dB 组及更高振级组的烦恼率都显著地高于 60 dB 组的烦恼率 ($P < 0.05$)。这一结果表明，只有当振级达到 70 dB 时，居民的烦恼反应才真正是由振动引起的，换句话说环境振动成为干扰居民日常生活因素之一的最小振级是 70 dB。

2. 心理物理原则求出的阈限振级

在环境物理因素主观评价中，往往用心理物理学上提出的 50% 烦恼率对应于阈限值的原则^[4]。用 50% 法，根据方程 (1) — (5) 可求得振感、学习思考干扰、入睡干扰、觉醒干扰及综合反应的阈限振级分别是 71、75、73、72、73 dB，这些阈限振级都在 (73 ± 2) dB 范围内。

3. S 曲线拐点对应的临界振级

S 曲线有一拐点(在拐点处二阶导数为零)，拐点所对应的振级有特殊意义：在拐点之前，随着振级的升高烦恼率迅速升高；在拐点之后，随着振级的升高烦恼率升高的速度开始趋向缓慢，即拐点是烦恼率随振级变化的临界点。若 S 曲线方程为

$$y = \frac{D}{1 + r \cdot e^{-\alpha \cdot x}} + K \quad (6)$$

则拐点处

$$X_0 = \frac{\ln r}{\alpha} \quad (7)$$

根据式 (7)，由 (1) — (5) 式求得图 1—5 中 S 曲线拐点对应的振级(临界振级)分别是：74 dB、74 dB、74 dB、76 dB、76 dB。这些临界振级都在 (75 ± 1) dB 范围内。

上述结果表明：环境振动成为干扰居民日常生活的因素所对应的最小振级为 70 dB，50% 法计算的阈限振级为 (73 ± 2) dB，而临界振级为 (75 ± 1) dB，这些阈限振级都在 70—76 dB 范围。

三、讨 论

(一) 关于 S 曲线

* 周达生等，医学科研设计与统计方法，《铁道医学》编辑部。

单从回归显著性考虑,直线、指数、对数及 S 曲线都可用于描述烦恼率—振级之间的关系,主要问题是直线、指数和对数曲线不能反映在振级较低和振级较高时烦恼率变化缓慢的现象,因此本文选用了能反映这种现象的 S 曲线。

S 曲线在主观评价中是经常用到的,如环境噪声主观评价中居民反应也符合 S 曲线^[7]。但在作主观评价调查时,要求有较大的样本数,如果样本数较小,观察烦恼率偏差可能掩盖 S 形现象。

(二) 关于阈限振级

本文计算出的阈限振级与国外给出的结果比较相近。国际标准 ISO/DIS2631/2 把 74 dB 的振级作为居民对居住室内振动是否有可能有烦恼反应的分界线^[8]。日本学者认为:公害振动的感觉阈为 70—80 dB,人较敏感的振级为 70 dB,较迟钝的振级为 80 dB,一般为 75 dB 左右。一旦人们开始感觉到振动,振动就作为公害问题而存在了^[1,9]。我们用不同方法计算的阈限振级在 70—76 dB 范围,与国外结果相近。

(三) 制定我国城市区域环境振动标准的基本依据

本文结果表明,振级达 70 dB 的振动对居民日常生活开始有明显的干扰和影响,低于 70 dB 的振动几乎没有什么干扰和影响。心理物理原则给出的阈限振级为 73 dB 左右,而临界振级为 75 dB 左右,这些阈限振级为制定我国城市区域环境振动标准提供了基本意见:在对环境振动要求较严格的区域,振级应控制在 70 dB 以下,而对于一般性的居住区域可允许有振级 70—75 dB 的振动。

四、结 论

1. 居民对于工业设备引起的环境振动的烦恼评

价率是随着振级增高而升高,在振级为 60—90 dB 范围内,烦恼率平均增加量为 8%/5 dB。

2. 烦恼率随振级变化的整体趋势呈现 S 形。在较低振级和较高振级时烦恼率升高缓慢(5%/5 dB);在中等振级范围内烦恼率迅速升高(12%/5 dB)。

3. 环境振动成为干扰和影响居民日常生活因素的最小振级为 70 dB,心理物理学 50% 原则给出的阈限振级为 (73 ± 2) dB, S 曲线拐点对应的临界振级为 (75 ± 1) dB。这些阈限振级为制定我国城市区域环境振动标准提供了基本依据。

参 考 文 献

- [1] 守田荣著(高鹏译),振动——被忽视的环境公害,第 1 章,科学出版社,1985 年。
- [2] Yamanaka et al., *J. Sound and Vibration*, **84** (4), 575—591 (1982)。
- [3] Atherton, G. H. et al., *J. Forest Products*, **29** (7), 29—38 (1979)。
- [4] ISO/DP 8041, *Human Response Vibration Measuring Instrumentation*, 1984。
- [5] 郭祖超等,医用数理统计,第 5 章,人民卫生出版社,1965 年。
- [6] 托马斯著(旦明译),感觉世界——感觉和知觉导论,第 9 章,科学出版社,1985 年。
- [7] 庄世坚,“区域环境噪声主观评价中阈值的确定”,第三届全国噪声控制工程学术会议论文集,1986 年。
- [8] ISO/DIS 2631-2, *Evaluation of Human Exposure to Vibration and Shock in Buildings (1 to 80 Hz)*, 1985。
- [9] 陈汝龙编译,环境工程概论,第 8 章,上海科技出版社,1986 年。

(收稿日期:1989 年 6 月 26 日)

兰州空气污染对太阳辐射的影响

刘德祥 陈昌毓 权天平

(甘肃省气象局)

摘要 本文利用兰州 1960—1988 年实测太阳辐射资料,计算了太阳直接辐射减弱量、大气透明度和大气混浊度。结果表明,太阳直接辐射量减少,大气透明度降低、混浊度提高,都反映空气污染物逐渐增多。三者的上述变化趋势,冬春季在 1974 年以后,夏秋季分别在 1982 年和 1978 年以后特别显著。对比分析表明,计算结果与实测空气污染物浓度值的变化趋势基本一致。

Bi Mutian Li Xin(Environmental Science Center, Peking University, Beijing): *Chin. J. Environ. Sci.*, **11**(3), 1990, pp.43—49

The method was based on collection of formic and acetic acids in solid sorbent tubes containing Red Chromosorb (40/60 mesh) impregnated with potassium hydrate. The analytes were desorbed with deionized water in an ultrasonic bath and analyzed via IC analysis. This method was applied successfully to determination of formic and acetic acids in the ambient air of Beijing and some areas in Guangdong and Guangxi provinces. In the case of 2.4 m³ sample gas volume, the minimum detectable concentrations were about 0.2 µg/m³ and 0.4 µg/m³ for formic and acetic acids respectively.

A Discussion of Four Pretreatment Methods of Analysing Elements in Atmospheric Particulates. Li Zhensheng, Lang Yongshe (Environmental Protection Institute of the Ningxia Hui Autonomous Region, Yinchuan): *Chin. J. Environ. Sci.*, **11**(3), 1990, pp.49—53

This article presents a discussion on four pretreatment methods of analysing metal elements in air particulate samples. In determination of Cu, Pb, Cd, Cr, Be, Co and Ni, the four methods that are sulfate-ash method, acid mixture digestion, high pressure wet digestion and Soxhlet's extraction have been compared. The results demonstrate that the method of high pressure wet digestion with low blank is easy to handle and has a desirable precision (CV% 2.3—7.1%) and high recovery (91—117%).

Determination of Volatile Rates of Organic Compounds in a Simulated River Ecosystem. Zhao Yuanhui, Lang Peizhen, Long Fenshan (Dept. of Environmental Science, Northeast Normal University, Changchun): *Chin. J. Environ. Sci.*, **11**(3), 1990, pp.53—57

Studies were carried out in a simulated river ecosystem for determination of volatile rates of 37 kinds of organic compounds. The results showed that volatile process of organic compounds was in line with first-order kinetics. Volatile rate constants were predicted with modified two-film mass transfer model. The predicted constant values approach the values determined practically. In addition, the methods for determining and estimating parameters have been introduced in this paper.

Some Viewpoints on Constructing Dual Water System in Hotels. Shen Guanfan (Beijing Municipal Institute of Environmental Protection): *Chin. J. Environ. Sci.*, **11**(3), 1990, pp.58—63

This article describes that in order to ease urban water supply, Beijing Municipality has provided that dual water system should be constructed in the newly-built hotels for treating and reusing a partial sewage on the spot. In China some water-short cities have been constructing dual water system one after another. According to researches and practice concerned, the author makes a

suggestion in the following aspects: the importance of constructing dual water system; choice of treatment process adapted to different sewage; technical and economic assessment of the system, and implementing the system in a planned way.

Study on Environmental Capacity of a Tidal River. Zheng Yingming, Gao Jianqun (Hohai University, Nanjing): *Chin. J. Environ. Sci.*, **11**(3), 1990, pp.63—69

This paper introduces a methodology on computing environmental capacity of a tidal river in variable conditions of water quality. The main factors affecting the capacity of a tidal river, design of the key factors for computation, a suitable calculating method have been discussed. Finally, a case study has been performed with the hydrologic data of the Suzhouhe River (Shanghai) and the result shows that the method is rational.

An Investigation on Community Response to Environmental Vibration. Tu Ruihe et al. (Beijing Municipal Institute of Labour Protection, Beijing): *Chin. J. Environ. Sci.*, **11**(3), 1990, pp.70—73

Based on the investigations into environmental vibration caused by industrial machines in five cities in China, the paper analyzes the community responses in terms of subjective evaluation. The annoyance percentage increases with the Z-weighted vibration level and tendency behaves in the shape of S. The annoyance thresholds calculated by the u-test, the principle of psychological physics and turning point of the S-shaped curve are in the range from 70 to 76 dB(Z-weighted vibration level). The results have provided the national standard "GB10070-88 Standard of Environmental Vibration in Urban Area" on this basis.

Application of Photoionization Detector to Gas Chromatography. Jing Shilian et al. (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Academia Sinica, Beijing): *Chin. J. Environ. Sci.*, **11**(3), 1990, pp.84—86

This paper describes gas chromatography with photoionization detector to be applied in three fields: analysis of environmental samples, detection of drugs and identification of specific organic compounds. The instrument has its remarkable features with high sensitivity, low detection limit and selective measurements. The GC with PID has been designed and made by the authors.

A New Type of Hydrogen Fluoride Generator. Wu Changnian, Chen Shuyuan (Jiangsu Institute of Botany, Nanjing): *Chin. J. Environ. Sci.*, **11**(3), 1990, pp.87—91

Reported in this paper is a new type of HF generator which has been developed in Jiangsu Institute of Botany in 1989. The process of producing HF is substantially improved in the generator, so that HF solution of a specified concentration can be vaporized at a high temperature to form HF gas of a desirable concentration. The generator is suitably applied to the field experiments with the open-top chamber.