

用平均有效信息量评价环境噪声的尝试

嵇正毓 田永林 卢宁川

(南京市环境保护科学研究所 南京 210013)

1995 年 5 月 10 日收到

摘要 本文认为噪声是一种声信息, 因此, 运用信息理论建立起了一种新的环境噪声评价量模式——平均有效信息量。通过实际应用, 表明其能较好地反映环境噪声水平。

关键词 信息理论, 平均有效信息量, 环境噪声

Tried studing on the environmental noise rating by average effective information

Ji Zhengyu, Tian Yonglin, Lu Ningchuang

(Nanjing municipal Institute of environmental protection, Nanjing 210013)

Abstract This paper considers the noise as a sound information. Consequently, a new evaluation model is built by the information theory-average effective information. Actual application shows that it can fairly good environmental noise level.

Key words Information theory, Average effective information, Environmental noise

在环境噪声的测量和评价中, 国内外普遍采用等效连续 A 声级 $L_{eq}(A)$ 作为环境噪声的评价量, 同时以统计声级 L_{10} , L_{50} , L_{90} , 以及标准偏差 σ 作为分析参考值。在多数情况下, 等效连续 A 声级能较好地代表实际环境的声学水平, 但实践中人们也发现, 高峰值声级在 $L_{eq}(A)$ 中起着举足轻重的作用, 以致于使得这一评价量有时与人的主观感觉相悖逆^[2-5, 8], 失去了其应有的代表性。国内外均有这方面的研究报导, 但均未从根本上解决 $L_{eq}(A)$ 的困难。作者在环境噪声的测量和评价中, 运用信息理论建立了一种新的环境噪声评价量和评价模式, 并付诸实际应用, 结果也能较好地反映环境噪声水平。由于这是一种全新的评价方

法, 其基本概念与等效连续 A 声级迥然不同, 特提出来与同仁商讨切磋。

1 噪声是一种感觉到的声信息

噪声是人们不需要的声音, 是人耳接收感觉到的讨厌信息, 因此这是一个主观感觉问题。我们在衡量噪声强弱程度时就是根据人的主观感觉来推衍的。例如, 声级公式就符合于人体的主观感觉原理韦伯公式, A、B、C 等各种计权声级也都是为了客观地反映人对不同频率声音的主观感觉。

但是, 在环境噪声的测量和评价中, 用等效连续 A 声级却没有考虑到人的主观感觉。虽然对 A 声级作时间上的能量等效具有明确的

物理意义,但其既不能代表环境中的实际噪声能量,也不能很好体现人的主观感觉^[3]。当一组实测数据中出现几个突出的高峰声级时, $Leq(A)$ 值就高于 L_{10} , 甚至高于 L_5 , 导致 $Leq(A)$ 值与人的主观感觉不一致, 认为它过高地评价了噪声污染水平。

噪声污染虽然是一个物理过程,但从人们的主观感觉出发,它应是一种信息。尽管在大多数情况下人们讨厌它,不需要它,但它和其它声波一样作用于人的听觉器官,给人以感觉。如果我们从噪声是感觉到的声信息这一观点出发,用信息理论评价环境噪声,可能使人的主观感觉与实际的声环境更趋一致。

2 平均有效信息量的建立

根据信息理论^[7, 9, 10], 在 S 信息结构上事件发生的信息量可用申农信息量 $I(p)$ 和贝里斯有效信息量 $I(p, u)$ 来表示

$$S = \begin{bmatrix} E_1 & E_2 & \cdots & E_n \\ P_1 & P_2 & \cdots & P_n \\ u_1 & u_2 & \cdots & u_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E \\ P \\ u \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$I(P) = -K \sum_{i=1}^n P_i \log P_i \quad (2)$$

$$I(P, u) = -K \sum_{i=1}^n u_i P_i \log P_i \quad (3)$$

其中 $E = (E_1 E_2 \cdots E_n)$ 代表随机事件的集; $P = (P_1 P_2 \cdots P_n)$ 是遍于事件 E 定义的概率分布, $\sum_{i=1}^n P_i = 1$; $u = (u_1 u_2 \cdots u_n)$ 是事件 E 的有效性分布, $u_i > 0$ 表示第 i 个事件单独出现的效果。当取 2 为底的对数时, $K=1$, $I(P)$ 的单位为比特。

虽然申农信息量只与事件出现的概率有关,而贝里斯有效信息量则考虑到了事件出现的价值,即有效性。

在环境噪声的评价中,若定义特定地点和时间内环境噪声的涨落范围为事件的集 E , 不同 A 声级出现的几率的概率分布 P , A 声级为事件有效性 u 。则申农信息公式不变,贝里斯有效信息公式可改写为:

$$I(P, L_A)$$

$$= - \sum L_{A_i} P_i \log_2 P_i \quad \text{bit} \cdot \text{dB}(A) \quad (4)$$

但是,两种信息量受环境噪声声级分布的混乱程度影响极大,对于等概的噪声分布, $I(P)$ 和 $I(P, L_A)$ 有极大值,完全平稳的环境噪声, $I(P)$ 和 $I(P, L_A)$ 又为 0。更为重要的是,对于不同环境噪声事件的集 E (例如不同测点,不同测量时间,不同的测量样本数),很难将它们所代表的环境噪声水平进行比较。

分析申农信息和贝里斯有效信息,它们都具有同样的几率计权。而环境噪声监测都是等间隔时间读数的,每个声级事件都代表一定的时间占有率 P_i , 所以 $P_i \log_2 P_i$ 也是特殊形式的时间计权函数。因此,我们用贝里斯有效信息量除以申农信息量就可以得到环境噪声的特殊的时间计权的平均效果,我们称之为时间平均有效信息量,记之为 $I(L_A)$:

$$I(L_A) = \frac{\sum_{i=1}^n L_{A_i} P_i \log_2 P_i}{\sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i} \quad \text{dB}(A) \quad (5)$$

对(5)式进行变换:

$$\begin{aligned} I(L_A) &= \frac{\sum_{i=1}^n L_{A_i} P_i \lg P_i}{\sum_{i=1}^n P_i \lg P_i} \\ &= \frac{1}{C} \sum C_i L_{A_i} \quad \text{dB}(A) \quad (6) \end{aligned}$$

其中 $C = \sum_{i=1}^n P_i \lg P_i$, 对于确定的噪声数组,其为恒量。 $C_i = P_i \lg P_i$, 我们将其理解为人耳对声级 L_{A_i} 在时间上的主观感觉权重。显然,用 $I(L_A)$ 评价环境噪声,对同一数组的噪声既能反映声级的大小,即事件的有效性,也能反映出声级出现的几率效果,即时间性。对不同数组的噪声也完全可以用其 $I(L_A)$ 比较环境噪声水平。

对于一个地区的环境噪声调查,需要设许多监测点,得到若干组噪声数据。可以先计算出各测点噪声的平均有效信息量 $I(L_A)$, 再利用熵的可加性原理来评价全区域的环境噪声水

平.

$$I_T(P) = \sum_{j=1}^m I_j(P) \tag{7}$$

$$I_T(P, L_A) = \sum_{j=1}^m I_j(P, L_A) \tag{8}$$

$$I_T(L_A) = \frac{I_T(P, L_A)}{I_T(P)}$$
$$= \frac{\sum_{j=1}^m I_j(P, L_A)}{\sum_{j=1}^m I_j(P)} \tag{9}$$

其中下标 T 代表全区域, j 代表各测点,

$I_T(L_A)$ 代表全区环境噪声水平. 显然 $I_T(L_A)$ 具有明确的物理意义和严格的数学意义.

3 $I(L_A)$ 的实际运用

多年来, 我们在实际工作中有意用 $I(L_A)$ 来评价环境噪声, 并与 $Leq(A)$ 进行比较, 自认为 $I(L_A)$ 更能客观地反映出实际的环境噪声水平. 表 1 为两组实测噪声数据, 表 2 为计算得到的 $I(L_A)$ 与 $Leq(A)$, $\overline{L_A}$ 以及统计声级 L_n 的比较.

对于一个地区的环境噪声, 可以用 $I_T(L_A)$

表 1 两组噪声数据

No. 1	L_{A_i} dB(A)	74	73	72	71	70	69	67	65	60	58	57	56	55	54	53
	n_i	1	1	1	2	4	1	1	1	7	7	4	6	3	9	3
No. 2	L_{A_i} dB(A)	80	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59
	n_i	2	3	2	8	3	2	2	4	4	4	9	14	7	29	13
No. 1	L_{A_i} dB(A)	52	51	50	49	48	47	46	45	44						
	n_i	13	9	31	26	21	26	13	9	1						
No. 2	L_{A_i} dB(A)	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	
	n_i	6	9	2	19	7	3	6	3	7	11	9	3	3	6	

表 2 $I(L_A)$ 与 $Leq(A)$ 等的比较

数组	$I(P)$	$I(P, L_A)$	$I(L_A)$	$\overline{L_A}$	$Leq(A)$	L_{10}	L_{50}	L_{90}	σ
No. 1	1. 17	63. 4	54. 0	51. 0	59. 4	58	50	46	6. 1
No. 2	1. 34	77. 7	58. 1	58. 0	64. 3	67	59	48	7. 0

表 3 某小区环境噪声监测点声级处理结果

测 点	L_{10}	L_{50}	L_{90}	$Leq(A)$	$I(L_A)$	$\overline{L_A}$	σ	$I(P)$
1	59	57	50	56	55	55	3. 53	1. 10
2	56	46	41	56	54	48	7. 05	1. 17
3	51	47	41	48	46	47	3. 99	1. 13
4	52	45	41	48	46	46	4. 17	1. 13
5	50	45	42	48	48	46	3. 40	1. 01

进行评价。表3为某小区设置的5个噪声监测点的声级处理结果,用(9)式计算全区域的环境噪声,得 $I_T(L_A)$ 为50.6 dB(A)。而用等效声级 $Leq(A)$ 和平均声 $\overline{L}_A$ 式计算,则全区域环境噪声水平分别为52.9 dB(A)和48.4 dB(A)。

由上可见,无论是 $I(L_A)$,还是 $I_T(L_A)$,它们既不同于 $Leq(A)$ 的能量平均,也不同于 $\overline{L}_A$ 的完全算术平均。不同声级对 $I(L_A)$ 的贡献是由声级值本身和它出现的几率函数 C_i 共同决定的。

4 结束语

本文试图用信息理论解决环境噪声的评价问题,建立起来的评价模式与通常的等效连续A声级、平均声级、统计声级均不相同。它会对不同大小,不同出现几率的声级事件有恰当的体现,具有严格的数学意义和明确的物理意义。通过在实际环境评价中的应用,其也能较好地反映出环境的真实噪声水平。

但是,噪声的评价是复杂的,它不仅要反

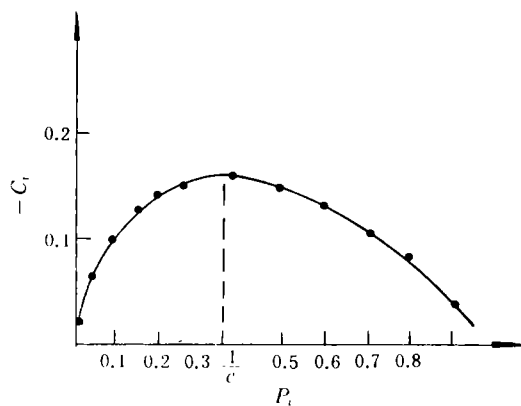


图1 P_i-C_i 曲线

映出客观实际的声状况,还要能准确地体现人体的主观感觉。我们的工作仅是一种尝试性探索,还需要更深入的研究工作,例如牵涉人体的感觉问题就必须大量的试验研究工作。

此外, $I(L_A)$ 的几率计权曲线不是单调上升的,当 $P_i = \frac{1}{e}$ 时存在极大值(见图1)。所以必须对噪声监测样本数和声级计精度作一定的要求,使任何 P_i 均小于 $\frac{1}{e}$ 。实践表明按国标规定的噪声测量方法和测量仪器是能够达到这一要求的。

致谢 许多同志对本文提出过自己的看法和建议,促使我们数更文稿。在此,特别对孙广荣教授、吴启学副教授、陈建江高工、章力博士、王兆球博士、周志益工程师等同志的帮助表示感谢。

参 考 文 献

- [1] Richard Colman, Frank Brittain and Stanley Garb. *Inter-noise*, 1974, 529.
- [2] Sonoko Kuwane Seichiro Namba and Hajime Miura. *Noise Control Engineering Journal*, 1989, Nov—Dec. 107—115.
- [3] 嵇正毓, 田永林. 上海环境科学, 1987, 6(4): 38—40.
- [4] 王季卿. 噪声与振动控制, 1983, (2): 50—58
- [5] 章荣发. 全国环境噪声防治经验选编, 1982.
- [6] 林丛. 环境工程, 1988, 6(2): 26—28.
- [7] Belis M, Guisau S. *IEEE Trans. Information Theory*, 1968. IT-14.
- [8] 山本冈夫. 日本音响学会志, 1984, 38(5): 294—296.
- [9] 张宏基编. 信息论基础, 修订本, 北京: 北京科学教育出版社, 1964.
- [10] 傅祖芸编. 信息论基础, 第一版, 北京: 电子工业出版社, 1986.