



噪声对人的影响 (I)——噪声测量和噪声对语言通讯的影响

沈 喙

(中国科学院声学研究所)

1990年2月2日收到

一、引言

噪声是不需要的声音。人们所处环境中所有噪声的总和称为环境噪声,它可以在心理上或生理上对人产生不良的作用。在物理学中,噪声常指紊乱、断续或在统计上随机的声或其它振荡。但从对人的影响来说,任何使人们分心的,或感觉到干扰甚至不舒适的声音都是噪声。同样的声音在不同环境下对人的心理和生理影响是不同的,而每个人的心理和生理状态有较大的出入,所以噪声对人的影响问题是相当复杂的,它不仅仅由噪声的物理特性来确定,而且还与人们的心理和生理状态有关。噪声不仅令人感到讨厌、引起烦恼、干扰谈话,而且过强的噪声会使人耳致聋、妨碍行为、影响身体健康并给人类带来危害。噪声问题很早就受到人们的注意,但只是从五十年代以来,在现代工业、交通运输业以及国防工业的飞速发展的同时,形成了噪声污染从而引起严重的社会问题,才受到物理学家、心理学家、生理学家、医生和各方面工程专家的广泛重视,并进行了大量深入的研究。虽然噪声污染和大气污染相比是局部性的、多发性的,但是由于噪声源很普遍,因此它的影响面很广。

本文是参照美国 NASA 出版物“噪声对人的效应”^[1]一书(约 50 万字)并结合近年来我们在实验室内一些初步研究结果编写的。NASA 出版物是对近 20 多年内有关噪声对人效应的英文文献(共计 966 篇)的详尽评述和解释,这些分析结果提供了定量预测噪声暴露下的物

理量和噪声对人引起的一些效应之间的关系,从而提供了预测噪声对人们健康和安宁影响的理论和方法。该出版物对大量调查资料进行了研究、统计分析与总结。鉴于各民族的听觉特性是类似的,并且我们在近期内不可能进行这样大规模的测量与分析,因此本文主要根据该出版物简要地介绍关于噪声、听力和听觉感知的基本原理并讨论噪声对人们更复杂行为的影响,以便能采用这些研究结论在工作场所和生活区对噪声采取有效的控制并进行行政管理。

本文分四讲:(1)噪声测量和噪声对语言通讯的影响;(2)噪声对听觉的影响,它讨论老年性耳聋,社会性耳聋和病理性耳聋以及噪声引起的听力损失,听力损伤和障碍;(3)噪声对非听觉系统的效应,它介绍噪声对脑力工作的影响,噪声对睡眠的影响,噪声对痛觉、前庭系统、视觉、热觉的影响以及噪声对工人健康和居民健康的影响,(4)地区噪声的反应和它的评价,总结了噪声暴露级和烦恼的关系,噪声暴露和公众抱怨的关系以及日夜噪声暴露剂量概念的评述,最后简述了噪声评价和控制的准则。

二、噪声测量

1. 噪声的类型

常遇的噪声有脉冲声和稳态声,通常它们都是宽带噪声。在声强和时间的二维图中,声音可以区分为脉冲性和非脉冲性两种,这里脉冲声可以解释为 1s 或更短时间内超过某声压级有 10dB 的声压级变化。对于其它 1s 时间间隔内的声音则称为非脉冲性的,当声音在相继

的许多 1s 时间间隔内的声压级持保相当恒定的现象称为稳态。这种声音在观察时间内幅值和频谱变化都很小。声音除了其全部持续时间短于 1s 以外,均可在出现时从脉冲性过渡到非脉冲性,反之亦然。作这样的区分是因为声级变化快到如上所述时会产生一种心理效应,与其它时间间隔声音所产生的不同。

凡具有一群频率的复音称为宽带噪声,日常生活中遇到的噪声大部分是宽带噪声,可以认为它具有低频、中频和高频成分。这些成分中一些成分比其它的更强时,便会给总的声音一种带音调特性的感觉。宽带噪声是一种稳态或近似稳态的随机信号,它随时间的变化是不规则的,通常其瞬时值不能预先确定。对于大多数噪声,每次观察到的瞬时值都不相同,但噪声的瞬时值随时间的分布服从一定的统计规律;由于它按照时间的平均等于随机过程总体的平均,因此其特性可用均方值和功率谱来描述。

2. 噪声的物理测量

实践中通常测量噪声的声压级并用分贝单位(dB)表示。声压级是测得的声压 p_i 和某个基准声压($p_r = 20 \mu\text{Pa}$)之比取常用对数乘 20,即等于

$$L_p = 20 \lg (p_i / p_r), \text{dB} \quad (1)$$

为了将噪声对人的影响联系起来,通常采用下述三种噪声量度。

(1) 一秒声压级($L_{p,1s}$),即一秒内的平均声压级,它大致是和 1s 或更短持续时间内噪声的物理能量与听觉系统对噪声响应相关联的量度。这个量可以用标准声级计对连续噪声作出估计,它的数学表达式为

$$L_{p,1s} = 10 \lg \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (p_i^2 / p_r^2), \text{dB} \quad (2)$$

式中 p_i 为 1s 内的瞬时值, n 为实测瞬时声压的次数。

(2) 噪声事件的暴露声压级($L_{p,ex}$),对于持续时间较长的噪声事件,可用总能量来确定某个噪声的经历过程,暴露声压级定义为

$$L_{p,ex} = 10 \lg \sum_{i=1}^m 10^{0.1L_i}, \text{dB} \quad (3)$$

式中 L_i 为特定时间内的一秒声压级, m 为噪声事件中出现该噪声时间间隔的编号。考虑到对数特点的有关实际情况和噪声对人的影响, $L_{p,ex}$ 的计算只要将声音中达到最大值声压级 10dB 以内的噪声持续时间内的一秒声压级按能量相加求和就满足实用要求。

(3) 多次噪声事件的连续等效声压级($L_{p,eq}$),它是在时间过程 T 中噪声的声压级按能量平均,其数学表达式为

$$L_{p,eq} = 10 \lg \frac{1}{T} \int_0^T 10^{0.1L_i} dt, \text{dB} \quad (4)$$

它反映在实际生活中成年累月反复地暴露在不同或不同声音下能量的积累作用对噪声污染的评价。它是一个与噪声暴露有关的量,是和某一特定时期内(例如一小时,一天,一年,五十年等)一秒声压级的能量总和成正比。但是它与 $L_{p,ex}$ 不同, $L_{p,ex}$ 只是将相继每 1s 时间间隔的实测声压级按能量相加,而 $L_{p,eq}$ 则是取特定时间内实测一秒声压级能量总和按整个持续时间平均。实际测量时,通常按时间划分为 n 个等区间,测量出 n 个声压级按下式计算

$$L_{p,eq} = 10 \lg \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n 10^{0.1L_i} \right), \text{dB} \quad (5)$$

式中 L_i 为第 i 个一秒声压级测定值。

说明噪声频谱情况的方法是频率分析。对于噪声谱分析通常用倍频带或 1/3 倍频带声压级。常用的八个倍频带中心频率分别为 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000Hz。有时还可分别测量 A 声级(L_A)和 C 声级(L_C)以大致了解噪声频谱情况。如果 $L_C > L_A$, 表示低频分量较多;如果 $L_C = L_A$, 表示高频分量较多。

3. 噪声能量量度的修正

前述物理量度是基于人耳对噪声具有均匀响应的假设,因此噪声的这种客观特性并不能正确反映噪声对人的影响,所以需要对能量量度从频率域和时间域作些修正以使噪声的客观量和人们对该噪声的心理和生理基本反应之间有最密切的相关性。必要时还要考虑人们的工作环境,生活习惯,活动性质等因素。

(1) 频率计权

人耳有能力分析出宽带噪声中的各个成分,同时又能对所有频率作出响应。关于噪声对人的影响,应该根据人耳的特性对高频和低频给予不同的频率计权。最常用的是A计权。用A计权测量的声压级称为A声级(L_A , dBA)。由于A计权曲线具有与等响度曲线和等噪度曲线相似的形状,它已经作为国际标准和国家标准使用在声级计中,以测量宽带噪声去预测人们对该噪声感觉到多响或多吵闹。两个A声级相同的噪声可以认为对一般人来说是同样响或同样吵闹的。更精确的频率计权可以用1/3倍频带宽来计权,例如响度、噪度或感觉噪度等。

在预测频谱对声音讨厌的程度时,用响度还是噪度,通常没有实质性的差别。但是当预测时间因素对声音讨厌的程度时,响度就不合适,因为噪声持续时间长短不影响它的响度,但噪声的噪度或讨厌程度却会随着它的持续时间增长而提高,在某些情况下也会随着它的持续时间缩短成为脉冲性而提高。

(2) 噪声事件多次出现时时间因素的修正

对每天多次出现并已成为生活环境中有规律地反复出现的噪声,每日的噪声剂量将成为人们评定噪声环境为可接受或不可接受的指标。对于噪声事件多次出现情况,可以采用等能量原则作等同处理。因此噪声能量加倍对人的影响可以为噪声事件数或持续时间减半所补偿。

在美国对有规则出现的噪声,当它在一天内不同时间出现时常常加以计权,即将出现在晚间(22:00到7:00)的实际A声级,比同样噪声但出现在白天(7:00到22:00)应加10dB补偿;用这种方法定义的量称为昼夜声级(L_{dn}),它是夜间加10dB后的24小时A声级按能量平均。在另一些量中,可以采用不同的计权,例如地区等效声级(CNEL),它对在傍晚(19:00到22:00)出现的噪声采用5dB的补偿。

4. 声级计

噪声级通常用声级计测量,它可以测量总声压级和A、B、C计权声压级,一些声级计还可

测量D和E计权声压级。分析噪声时需要测量频谱或主要频率分量,可以将1/1倍频程或1/3倍频程滤波器与声级计连用。声级计上的指示电表有快挡和慢挡两个时间响应速度,其时间常数分别为125ms和1s。对于频率为1000Hz,宽度为200—250ms的脉冲,快挡指示的准确度在4dB范围内。慢挡指示是在表针起伏较大时用来读出其平均值。对于稳态噪声,两种速度响应的读数是相同的。应该注意,对于持续时间短于1s的短暂猝发声,标准声级计不能测出声音的能量。对于稳态声,标准声级计大约提供在1s内能量的一种近似测量。

在标准声级计中,A计权响应可以直接给出日常生活中许多宽带噪声相对响度较合理的测量。A声级可以用来评价噪声引起的烦恼程度,评价噪声对听力危害程度。在研究噪声对人影响的工作中越来越多地使用A声级,因此对于前述噪声物理测量中的量应修改为一秒声级($L_{A,1s}$; dBA),噪声暴露声级(L_{ex} , dBA),噪声连续等效声级(L_{eq} , dBA)。相应于式(3)和式(5)的计算公式分别为

$$L_{ex} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0.1 L_{A_i}}, \text{ dBA} \quad (6)$$

$$L_{eq} = 10 \lg \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0.1 L_{A_i}}, \text{ dBA} \quad (7)$$

A声级(L_A)能够较好地反映人耳对噪声强度与频率的主观感觉。因此对一个连续稳态噪声是较好的评价方法。对于一个起伏或不连续的稳态噪声,A声级就不适用。如果噪声的幅值分别接近高斯分布,则可以用噪声能量平均方法来评价,即采用连续等效A声级(简称等效声级)。

噪声的持续时间和瞬时特征在很大程度上决定了噪声对人的效应。在过去10年内定量地确定噪声瞬时特性适用于噪声各种效应的方法已有很大进展。特别是已经发现能量的大小(各瞬时A声级在噪声持续时间内或给定时间范围内的积分)与噪声的许多效应有关。但是噪声环境中能量的大小必须用不同方法来处理,或者与其它物理参数联系起来,以预测噪声

对人们的不同效应。

三、噪声对语言通讯的影响

对噪声最普遍的抱怨是干扰或掩蔽了语言信号。由于噪声掩蔽语言使通讯效果大为降低,它是工厂、办公室和家庭中出现事故的原因之一。不论从实用情况 and 经济效果或情绪反应来看,噪声对语言的掩蔽似乎是对人最有害的影响。应该注意,噪声对语言通讯的影响来自噪声对听力的影响。这种影响轻则降低通信效率,重则损伤人们的语言听力。

从测得的语言频谱可以很好地了解噪声中接收语言的情况。当以恒定嗓门讲话时,语言声按 $1/8s$ 间隔进行测量所得的声压级几乎都在 $30dB$ 范围内,对于不同语种之间只有很小的差异。实际中从闲谈到提高嗓门,语言声压级是有变化的,并且在噪声环境下讲话人会不自觉地稍微提高嗓门。这样就引出两个实际问题:如何确定噪声中嗓子不感疲劳地进行交谈的持续时间和语言通讯中容许的最高噪声级。为了讨论噪声对语言掩蔽的有效性,通常采用有噪声时语言可懂度试验得分的下降量来表示。实验表明,不同频带的噪声其掩蔽有效性与信噪比有关。综合地考虑语言频谱性质、语声的临界带宽和直接掩蔽,就可以全面地说明噪声对语声的掩蔽并较好地预测各种噪声情况下的结果。掩蔽语声最常见的噪声之一是语声本身,即其它讲话者造成的嘈杂声,显然语言可懂度会在许多七嘴八舌的噪声中受到影响。人用双耳听闻时,在一定程度上有能力依靠某些中枢神经系统的机理,根据到达两耳噪声信号的相对相位和时间关系,从噪声中区分出某一个信号来。如果两耳处的语言和噪声之间有一些时间上或频率上的差异,听者就会将注意力朝着想听的声音而不去意识定位或空间感。实验已表明,在有掩蔽噪声出现时,双耳听闻比单耳听闻更有利。

现在许多防止噪声对语言通信干扰的不同方法和客观评述这些效应的测量方法已经得到

发展。为减少噪声对语言通讯干扰可以采用下述方法:(1)减少可用信息集合数量,即在特定条件下限制讲者只用有限数量的特定词、词组或句子,(2)在噪声中讲者重复他的词或信息以提高可懂度,(3)提高信号声级,(4)采用信号处理技术提高信噪比。在预测噪声对语言可懂度的影响时,可以通过计算语言清晰度指数(AI)来求得音节清晰度。这种计算通常用20个等清晰度频带进行,它可以给出较好的预测结果,但计算过程比较复杂。在噪声控制中通常采用语言干扰级(SIL),它是一种AI的简化计算方法,用噪声中心频率500,1000,2000Hz的倍频带声压级的平均值来表述。用SIL预测各种噪声对语言清晰度的影响,可以给出和AI相接近的结果。七十年代以来提出了用语言传输指数(STI)来评价噪声对语言可懂度的影响,它是根据测得的调制转移函数按规定方法计算的量,因为它综合地考虑了噪声、回声和混响的干扰,所以STI与可懂度试验得分之间有很好的单一对应性^[1]。

保持满意的语言通讯,在许多情况下显然是非常重要的,尤其是在某些商业和军事工作中。噪声对通讯干扰的关系基本上已经清楚了。环境噪声掩蔽或干扰语言通讯的程度取决于到达听者两耳处语言强度和噪声强度的比值。在听者位置处的语言声级常常是变化的,轻声谈话约为45dBA,正常谈话为55dBA,对于打电话,演讲的语言声级为65dBA,对于大声地、近似于叫嚷地说话为75dBA。因为不同讲话人在短时间内讲一段话的动态范围和发声用力有差别,对理解日常谈话的某些干扰将会发生在低达45dBA左右的噪声级。平均说来,当听者两耳处的语言和噪声具有相同的平均声级时,这些干扰就能感觉出来。打电话也是如此,当环境噪声低于57dBA时打电话质量就很好,当噪声在72—78dBA之间时打电话就感到困难。

参 考 文 献

- [1] Kryter K.D, The effect of noise on man, 2nd ed. Academic Press, 1985.
- [2] 沈肇,声学学报,14-3(1989),100.