

第八章 噪声监测

- 第一节 噪声及其危害
- 第二节 声音的量度
- 第三节 噪声物理量与主观听觉的关系
- 第四节 噪声标准
- 第五节 噪声测量仪器
- 第六节 噪声监测方法

第一节 噪声及其危害

- 一、声音
- 受作用的空气发生疏、密交替变化并向外传递振动，当振动频率在20—20000Hz时，人耳可以感觉，称为可听声，简称声音。声源可以是固体、也可以是流体（液体和气体）的振动。声音的传媒介质有空气、水和固体，它们分别称为空气声、水声和固体声等。**噪声监测主要讨论空气声。**

二、噪声

- 概念：从物理现象判断，一切无规律的或随机的声信号叫噪声；噪声的判断还与人们的主观感觉和心理因素有关，即**一切不希望存在的干扰声都叫噪声。**
- 噪声的来源与危害
- 噪声污染的特点

第二节 声音的量度

- 一、声压、声强和声功率
- (一) 声功率(W)
 - 指单位时间内，声波通过垂直于传播方向某指定面积的声能量。单位为W。在噪声监测中，声功率是指声源总声功率。
- (二) 声压(P)
 - 声压是由于声波的存在而引起的压力增值。声压单位为Pa。声波在空气中传播时形成压缩和稀疏交替变化，所以压力增值是正负交替的。若将声压取均方根值后，则其总是正值，此时称之为**有效声压**。

(三) 声强(I)

- 指单位时间内，声波通过垂直于声波传播方向上单位面积的声能量。单位为W/S² (如W/m²)。对于球面波和平面波，声强与声压的关系是：

$$I = \frac{\rho \cdot c}{2} \cdot p^2$$

- 式中： ρ —空气密度，如以标准大气压与20℃时的空气密度和声速代入，得到 $\rho c = 408$ 国际单位值（也叫瑞利），称为空气对声波的特性阻抗。

二、分贝、声功率级、声强级和声压级

- (一) 分贝(dB)
 - 所谓分贝是指10(或20)乘以两个相同的物理量(如A₀是基准量或参考量，A₁是被量度量)比值的常用对数。即：
$$N = 10 \log \frac{A_1}{A_0}$$
 - 它是无量纲的相对数，记作dB。
 - 这对数值称为被量度量的“级”。亦即用对数标度时，所得到的是比值，它代表被量度量比基准量高出多少“级”。在噪声测量中是很重要的参量。

(二) 声功率级

$$L_W = 10 \log \frac{W}{W_0}$$

- 式中： L_W —声功率级 (dB)；
 W —声功率 (W)；
 W_0 —基准声功率，为 $10^{-12}W$

(三) 声强级

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

- 式中： L_I —声强级 (dB)；
 I —声强 (W/m^2)；
 I_0 —基准声强，
为 $10^{-12}W/m^2$

(四) 声压级

$$L_p = 10 \log \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \log \frac{P}{P_0}$$

- 式中： L_p —声压级 (dB)；
 P —声压 (Pa)；
 P_0 —基准声压，为 $2 \times 10^{-5} Pa$ (该值是对 1000Hz 声音人耳刚能听到的最低声压)。
- 例：当一个声压为 0.1 Pa 的声音有多强，即为多大的声压级？
- 解：应用上述公式计算得

$$L_p = 20 \log \frac{P}{P_0} = 20 \log \frac{0.1}{2 \times 10^{-5}} = 74 (dB)$$

8

常见环境声音的强度

噪声源或噪声环境	声压 (Pa)	声压级 (dB)
喷气式飞机喷气口	630	150
喷气式飞机附近	200	140
大型球磨机附近	20	120 (痛阈)
地铁	0.6	值)
公共汽车内	0.2	90
大声讲话 (1m)	0.06	80
普通谈话 (1m)	0.02	70
安静房间	2×10^{-3}	60
农村静夜	6.3×10^{-5}	40
听阈值	2×10^{-5}	10
		0

9

三、噪声的叠加和相减

- (一) 噪声的叠加 (两个以上独立声源作用于某一点，产生噪声的叠加。)
 - 1、声能量：两个声源的声功率叠加后的总声功率： $W_{\text{总}} = W_1 + W_2$
 - 2、声强：两个声源在某点的声强为叠加后的总声强： $I_{\text{总}} = I_1 + I_2$
 - 3、声压：两个声源在某点的声压不能直接相加。

10

声压的叠加方法

- (1) 因为 $I_{\text{总}} = I_1 + I_2$ ，
 - 由 $I = \frac{P^2}{r c} \Rightarrow \frac{P_{\text{总}}^2}{r c} = \frac{P_1^2}{r c} + \frac{P_2^2}{r c}$
 - 所以 $P_{\text{总}}^2 = P_1^2 + P_2^2 \Rightarrow P_{\text{总}} = \sqrt{P_1^2 + P_2^2}$
- (2) 若以级 (分贝) 计算，则按对数法则进行。
 - 设： $L_{p_1} = 10 \log \frac{P_1^2}{P_0^2}$ $L_{p_2} = 10 \log \frac{P_2^2}{P_0^2}$
 - 则： $L_p = 10 \log \frac{P_1^2 + P_2^2}{P_0^2} = 10 \log (10^{L_{p_1}/10} + 10^{L_{p_2}/10})$

计算时分两种情况：

- (1) 若两个声源的声压级相等，由上述公式计算总声压级：

$$L_p = L_{p_1} + 10 \lg 2$$

$$\approx L_{p_1} + 3 (dB)$$
- 若 n 个相等的声源相加时，

$$L_p = L_{p_1} + 10 \lg n$$
 - n=10 时， L_p 增加 10 dB；
 - n=100 时， L_p 增加 20 dB。

12

(2) 当两个声源的声压级不相等时

- 公式计算：

$$L_p = 10 \lg(10^{L_{p1}/10} + 10^{L_{p2}/10} + 10^{L_{p3}/10} + \dots + 10^{L_{pn}/10})$$

- 利用查曲线值计算：

- 设： $L_{p1} > L_{p2}$,
- 第一步，以 $L_{p1} - L_{p2}$ 差值按图查得 L_p ,
- 第二步，求总声压级： $L_p = L_{p1} + L_p$ (dB)

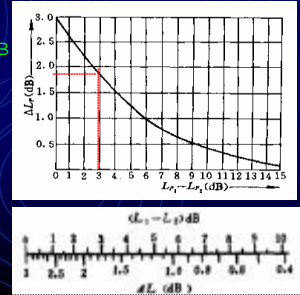
13

[例] 已知两声源作用于某一点的声压级分别为 $L_{p1} = 96\text{dB}$ 和 $L_{p2} = 93\text{dB}$ 。求其总声压级。

- 解：由 $L_{p1} - L_{p2} = 3\text{dB}$ ，查曲线得 $L_p = 1.8\text{dB}$ ，因此

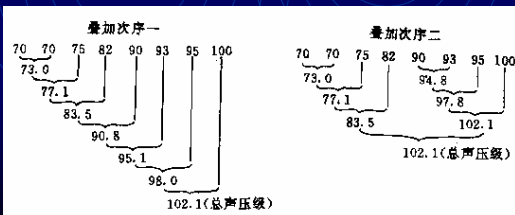
$$L_p = 96 + 1.8 = 97.8\text{dB}$$

- 掌握了两个声源的叠加，就可以推广到多源的叠加，只需逐次两两叠加，而与叠加次序无关。



例如

- 有八个声源作用于一点，合成的总压级可以任意次序查图的曲线两两叠加而得。任选两种叠加次序如下：



15

(二) 噪声的相减

- 噪声测量中经常碰到如何扣除背景噪声问题，这就是噪声相减的问题。方法是利用背景噪声修正曲线进行计算。

- [例] 为测定某车间中一台机器的噪声大小，从声级计上测得声级为 104dB ，当机器停止工作，测得背景噪声为 100dB ，求该机器噪声的实际大小。

16

解：由题可知 104dB 是指机器噪声和背景噪声之和 (L_p)，而背景噪声是 100dB (L_{p1})。

第一步，

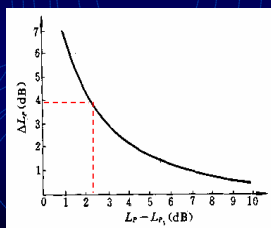
以 $L_p - L_{p1}$ 差值 (4dB) 从背景噪声修正曲线图查得 $L_p = 2.2\text{dB}$ ；

第二步，

求机器的实际声压级

$$L_{p2} = L_p - L_p$$

$$= 101.8 (\text{dB})$$



17

(三) 多个声压级的平均值计算

- 若有 N 个声压级，则它们的平均值为：

$$\begin{aligned} \bar{L}_p &= 10 \lg \frac{1}{N} (10^{L_{p1}/10} + 10^{L_{p2}/10} + 10^{L_{p3}/10} + \dots + 10^{L_{pn}/10}) \\ &= 10 \lg (10^{L_{p1}/10} + 10^{L_{p2}/10} + 10^{L_{p3}/10} + \dots + 10^{L_{pn}/10}) - 10 \lg N \\ &= L_p - 10 \lg N \end{aligned}$$

18

第三节 噪声的物理量与主观听觉的关系

一、响度级与等响曲线

(一) 响度和响度级

1、响度 (N)

- 响度是人耳判别声音由轻到响的强度等级概念，它不仅取决于声音的强度（如声压级），还与它的频率及波形有关。响度的单位叫“宋”（sone），1宋的定义为声压级为40dB，频率为1000Hz，且来自听者正前方的平面波形的强度。如果另一个声音听起来比这个大n倍，即声音的响度为n宋。

19

2、响度级 (L_N)

- 定义：规定1000Hz纯音声压级的分贝值为响度级的数值。任何其他频率的声音，当调节1000Hz纯音的强度使之与这声音一样响时，则这1000Hz纯音的声压级分贝值就定为这一声音的响度级值。响度级的单位叫“方”（phon）。

20

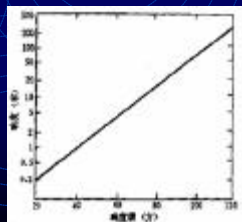
3、响度与响度级的关系

(1) 数学式表示：

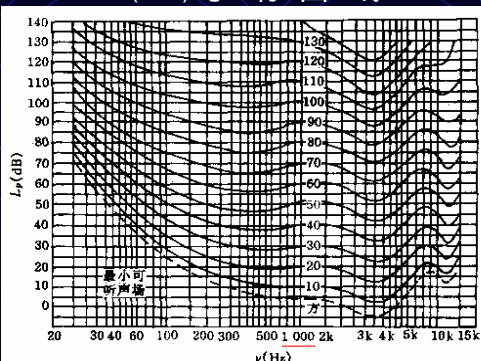
$$N = 2^{\frac{L_N - 40}{10}} \quad \text{则} \quad L_N = 40 + 331 \lg N$$

(2) 响度可以相加，而响度级不能直接相加。

- 例如：已知两个不同频率而都具有60方的声音，合成后的响度级是多少？



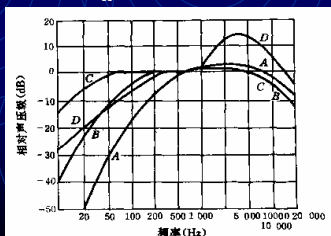
(二) 等响曲线



二、计权声级

- 通过噪声测量仪—声级计中计权网络测得的声压级，就叫计权声压级或计权声级，简称声级。通用的有A、B、C和D计权声级。其中A计权声级表征人耳主观听觉较好，以 L_{pA} 或 L_p 表示，其单位为dB(A)。

A、B、C、D计权的特性曲线



三、噪声的评价量

- (一) 等效连续声级：对一个连续的稳态噪声，A计权声级是一种较好的评价方法，但对于一个起伏的或不连续的噪声，是用一个相同时间内声能与之相等的连续稳定的A声级来表示该段时间内的噪声的大小，即等效连续声级，符号 L_{eq} 表示。根据等效声级为能量平均值（对时间）的定义，当时间为T时：

24

$$L_{eq} = 10 \lg \frac{1}{T} \int_0^T (P_A / P_0)^2 dt$$

$$L_{eq} = 10 \lg \frac{1}{T} \int_0^T 10^{L_{pA}/10} dt$$

- 式中：
 - T—总测量时间(s)；
 - P_0 —参考声压(20微帕)；
 - L_{pA} —某时刻t的瞬时A声级(dB)；
 - P_A —A计权瞬时A声压。
- 如以一定的时间间隔(3~5S)测量一次，测得n(测量次数)个 L_{pA} ，则可用下式计算：

$$L_{eq} = 10 \lg \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{L_{pA}/10} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{L_{pA}/10} - 10 \lg n$$

(二) 累积统计声级

- 当数据符合正态分布时，可用下面近似公式计算：

$$L_{eq} = L_{50} + d^2 / 60$$

$$d = L_{10} - L_{90}$$

- 累积百分声级定义是，表示在整个测量时间内有n%时超过某一噪声级。其中：
 - L_{10} —测定时间内，10%的时间超过的噪声级，相当于噪声的平均峰值。
 - L_{50} —测量时间内，50%的时间超过的噪声级，相当于噪声的平均值。
 - L_{90} —测量时间内，90%的时间超过的噪声级，相当于噪声的背景值。
- 累积百分声级的计算方法：
 - (1) 图解法
 - (2) 排序法

26

(三) 噪声污染级

- 1、噪声污染级(LN_p)公式为：

$$L_{NP} = L_{eq} + K S \quad S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{L}_{pA} - L_{pA})^2}$$

- 式中：K—常数，对交通和飞机噪声取值2.56；
—测定过程中瞬时声级的标准偏差。
- 2、对于许多重要的公共噪声，噪声污染级也可写成：

$$L_{NP} = L_{eq} + d$$

- 或

$$L_{NP} = L_{eq} + d^2 / 60 + d$$

27

(三) 昼夜等效声级(日夜平均声级)

- 在计算夜间等效声级时加上10dB的计权，符号“ L_{dn} ”。并规定：
 - 白天从6：00-22：00，共16个小时；
 - 夜间为22：00-次日6：00，共8个小时。
- 故一整天的日夜平均声级表达式为：

$$L_{dn} = 10 \lg \left[\frac{16 \times 10^{0.1 L_d} + 8 \times 10^{0.1 L_n + 10}}{24} \right]$$

- 式中： L_d —白天的等效声级；
 L_n —夜间的等效声级。

28

第四节 噪声标准

- 一、听力保护的噪声允许标准
- 二、环境噪声允许标准
- 三、机动车辆允许噪声标准

29

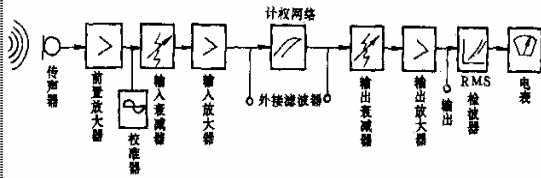
第五节 噪声测量仪器

- 测量内容有：噪声的强度，主要是声场中的声压，至于声强，声功率的直接测量较麻烦，故较少直接测量；其次是测量噪声的特征，即声压的各种频率组成成分。
- 噪声测量仪器主要有：声级计、声频谱仪、记录仪、录音机和实时分析仪器。

30

一、声级计

• (一) 声级计的工作原理



声级计工作方框图

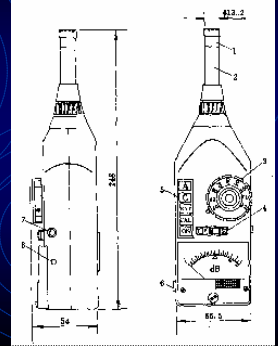
31

(二) 声级计的分类

- 普通声级计
- 精密声级计

• PSJ-2型声级计

- 1. 测试传声器
- 2. 前置级
- 3. 分贝拨盘
- 4. 快慢(F、S)开关
- 5. 按键
- 6. 输出插孔
- 7. +10dB按钮
- 8. 灵敏度调节孔



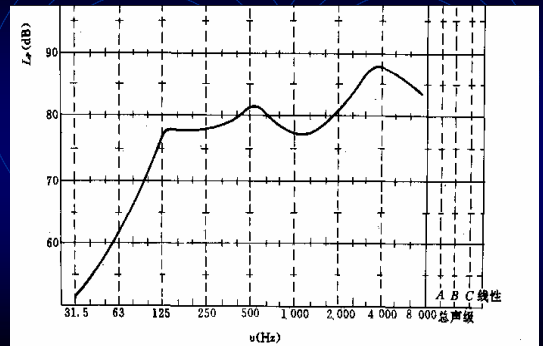
二、声级频谱仪

• (一) 噪声频谱分析

- 1、**噪声频谱分析的意义** 将噪声的强度(声压级)按频率顺序展开,使噪声的强度成为频率的函数,并考查其波形,叫做噪声的频率分析(或频谱分析)。通过噪声的频谱分析,能深入了解噪声声源的特性,帮助寻找主要的噪声污染源,并为噪声控制提供依据。
- 2、**频谱分析的方法** 使噪声信号通过一定带宽的滤波器后,即得到各通带(频率)对应的声压级的包络线——**噪声频谱图**。

33

频谱图



(二) 声级频谱仪

- 1、滤波器的种类
 - 等带宽滤波器
 - 等百分比带宽滤波
 - 等比带宽滤波器

$$\frac{f_2}{f_1} = 2^n$$

• 噪声监测中常用的：

- 1倍频程(简称倍频程)： $\log_2 \frac{f_2}{f_1} = 1$

- 1/3倍频程： $\log_2 \frac{f_2}{f_1} = \frac{1}{3}$

- 2、频谱分析仪：通常在精密声级配用倍频程滤波器。

35

三、其他噪声测量仪器

- (一) 录音机
- (二) 记录仪
- (三) 实时分析仪

36

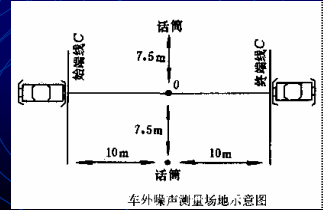
第五节 噪声监测方法

- 城市环境噪声监测方法
- 工业企业环境噪声监测方法
- 机动车辆噪声监测方法
- 机场环境噪声监测方法
- 室内环境噪声监测方法

37

一、监测网点布设

- (一) 城市环境噪声监测
 - 城市区域环境噪声监测
 - 城市交通噪声监测
 - 城市环境噪声长期监测
 - 城市环境中扰民噪声源的调查测试
- (二) 工业企业环境噪声监测
- (三) 机动车辆噪声监测



二、测量

- 测量的时间
- 测量的频率
- 测量的仪器
- 测量的数据：对每一个测点连续取100（或200）个数据，同时记录与噪声有关的参数，如交通流量（机动车）。

39

三、测量结果的表示

- 城市区域环境噪声监测
 - 1、测量数据用统计值或等效声级表示；
 - 2、全市网点值列表，测量结果也可以用区域噪声污染图来表示。
- 城市交通噪声监测
 - 1、全市测量结果应得出全市交通干线上 L_{10} 、 L_{50} 、 L_{90} 、 L_{eq} 的平均值（ L ）和最大值，以及标准偏差。其中：

$$L = \frac{1}{n} \sum_{K=1}^n L_K$$

- 2、用 L_{eq} 或 L_{10} 作城市交通噪声污染分布图。

40

四、测量数据的处理方法

环境噪声测量记录															
年__月__日				时__分__秒				测量人__				仪器__			
星期__				天气__				计权网络A 挡				风速挡__			
地点__路交叉点				噪声源__				采样间隔__秒				采样总次数100次			
58	62	65	79	80	67	51	69	70	64						
65	65	68	66	69	66	68	62	55	50						
66	72	62	66	65	70	72	70	73	55						
62	60	55	57	59	70	62	68	57	73						
68	66	60	58	60	68	63	68	51	62						
61	67	64	65	66	58	61	76	70	67						
66	60	68	68	69	66	63	69	73	61						
68	68	71	71	66	67	66	71	65	65						
73	70	70	68	70	62	63	70	62	62						
65	66	57	65	58	71	66	67	55	65						
$L_{10} =$				$L_{50} =$				$L_{90} =$				$L_{eq} =$			

方法一

- 1、将测得的 L_i （A声级瞬时值）测量数据表中；
- 2、统计相同大小 L_i 的个数（用划“正”字统计）得 N_i ；
- 3、声级从小往大累计填写；
- 4、计算总声级（ L_m ）：
 - （1）将表中相同大小 L_i 按相等声源叠加方法叠加起来得到 L'_i ；
 - （2）将上述所得 L'_i 的数值按不相等噪声叠加原理两两相加即可得到 L_m 。

42

5、计算 L_{eq}

- 用多个声压级平均值计算公式：

$$L_{eq} = L_m - 10 \lg \sum N_i$$

- 区域： $L_{eq} = 88.4 - 20$ (100个数据)
- 交通： $L_{eq} = L_m - 23$ (200个数据)

43

方法二：

- 1、用唱名法在下面表格统计不同声级出现的频数；
- 2、将频数从最高位声级向低位声级累计相加；
- 3、用作图法求出 L_{10} 、 L_{50} 、 L_{90} ，分别为71、66、59dB(A)；
- 4、按 $L_{eq} = L_{50} + \frac{d^2}{60}$ 公式计算：

$$d = L_{10} - L_{90} = 71 - 59 = 12 \quad L_{eq} = 66 + \frac{12^2}{60} = 68.4(dB)$$

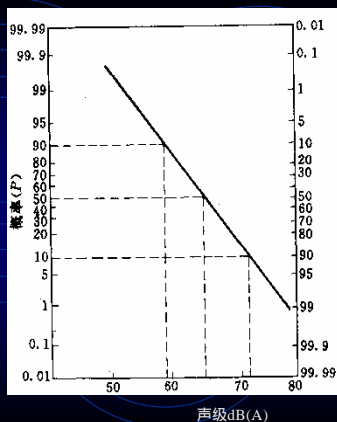
44

作图法求

L_{10}

L_{50}

L_{90}



45