



# 声音测量

## 一、什么是声音测量?

声音测量是声学测量的一种。声学测量是研究声学测量技术的科学，包括测量方法和测量仪器。基本的声学测量包括声强测量、声质点速度测量、波长测量、加速度测量、传声器和水听器绝对校准、通信系统检测、语言可懂度测试、听力测量、声波分析、电声仪器性能评价、房间音质测量等。

声音测量被定义为使用声音测量设备测量声压级的过程，最典型是声强测量。以下为声音测量的典型量值：

- A 加权声压级 (SPL 或  $L_p$ ) ;
- 时间加权声压级 (LAF 或 LAS) ;
- 声音暴露水平 (LAE) : 噪声剂量;
- 时间平均声级 ( $L_{Aeq}$ ): A 计权等效连续声级。

## 二、什么是声压级 $L_p$ ?

声压级，英文全称为 Sound Pressure Level，简称 SPL，是声音测量最常用的物理量，以分贝刻度 dB 表示的声量，用于量化声音强度的对数尺度，表示产生声音的气压变化。由于分贝对数标度，声音测量结果常称为声压级；表示的是声压的有效值与参考声压的比值取对数后乘以 20 的结果（具体公式详见“[声学定义和音高单位](#)”一文）。

声压级的设计是为了解决声强绝对值相差极大（从可以听到的最小声音到引起痛觉的声音）的问题，使得声音的强度可以用一个相对较小的数值范围来表示。人耳能够接受的声压级范围为 0~+120dB，其中不同级别的声压级对应着不同的听觉感受和影响。例如：人类可检测到的最小大气压力变化是 0dB（20uPa 听力阈值），40dB 开始影响睡眠，85dB 是保护听力的标准，而 90~120dB 则可能造成不可逆的听觉器官损伤，130dB 疼痛阈值处（约 100Pa），140dB 听力损伤阈值处。

## 三、什么是声强级 $L_I$ ?

声强级，英文全称为 Sound Intensity Level，简称 SIL，是声音强度测量的另一物理量，也以分贝 dB 表示的声音压力水平；声强与参考声强的比值取常用对数后乘以 10（具体公式详见“[声学定义和音高单位](#)”一文）。

声压级与声强级之间可以通过声压的平方与声强的正比关系进行换算。

## 四、声压级和频率分析(频谱)

声压级是宽频带声压级，即单一声压级值，这个值计算用到了各个频率（一般 20Hz~20kHz）的分量。真实的声音信号是可变的，并结合了许多组合的信号，由许多频率成分组成，这就需要分析声音信号的频率成分，尤其在噪声测量中，



对噪声的频谱分析尤其重要。声音测量仪器一般使用 1/1 倍频程或 1/3 倍频程 (Octave Band) 滤波器, 进行实时频率分析, 来评估信号中低频和高频的内容, 这种分析的输出称为频谱, 它表示连续频率范围内的噪声, 称为八度音程或第三八度音程, 所以此类声音测量仪器专业上称为[八音度实时音频分析仪](#)。

## 五、声音测量典型产品：声级计

[声级计](#)英文全称为 Sound Level Meter, 也称为声压计、音量计, 是最基本的声学测量仪器, 最基本功能是测量声压级 ( $L_p$ ), 对于很多功能单一的声级计, 人们也习惯称为分贝仪或噪音计等。声级计是一种配备麦克风的电子设备, 可检测气压变化并将其转换为电信号, 然后将电信号转换为数字信号, 以便在显示器上显示或记录在仪表存储器中。

声级计核心部件是测量麦克风, 也为[传声器](#)或话筒, 它将声波造成的气压变化, 也就是声压, 转换为电压。其前端传感器俗称咪头, 根据原理, 主要有晶体式、驻极体式、动圈式和电容式等四种, 其中电容式的精度最高。

声级计主机负责信号处理, 结果显示, 同时提供交互界面、数据传输、存储、供电等附属功能。前端麦克风输入主机是不断变化的交流信号, 通过均方根电路转换为直流电平后再经对数电路处理并输出到屏幕, 成为可读的分贝值 (dB)。

为了模拟人耳听觉在不同频率有不同的灵敏性, 声级计内设有的一种能够模拟人耳的听觉特性, 把电信号修正为与听感近似值的网络, 这种网络称为计权网络。通过计权网络测得的声压级, 已不再是客观物理量的声压级 (线性声压级), 而是经过听感修正的声压级, 成为计权声级或噪声级。

计权又称加权, 声级计一般有两种计权: 频率计权和时间计权。

### 5.1、 频率计权

频率计权跟人耳的听觉系统有关, 目的是将电信号修正为与人耳听感相近的数值, 根据所使用的计权网不同, 分别称为 A 声级、C 声级和 Z 声级, 表示某些频率的值被应用了对应的计权或滤波。

其中, A 计权基于 40dB 等响曲线, 是应用最多的频率计权, 实际声学声音比人耳听觉包含更多的高频与低频内容。如果一个声音要在整个频带上以均等的声压呈现, 则适用 Z 计权 (不计权)。C 计权基于 100dB 等响曲线, 代表的是当声音调高以后, 人们开始对低频也更为敏感的情况。

使用频率计权的基本原则: 当进行音频测量以及不需要考虑人耳听感的声学测量时, 使用 Z 计权。100dB 以下的声学测量适用 A 计权, 超出 100dB 时适用 C 计权。在声级计测量结果显示 dB(C)或 dBC 声压级单位时, 表示采用了 C 计权。

### 5.2、 时间计权



时间计权是让声级计上测得的数值更容易显示，使快速变化的数值变得稳定，显示出的结果方便读取。例如：测量麦克风的采样率为 20kHz，想象一下你的屏幕上每秒钟闪过 2 万个数据，这对人来说是毫无意义的；这时采用时间计权，可对这种突发的变化做出抑制，让声级计输出更加稳定读数。

声级计采用的时间计权一般有四种：等效平均 (eq)、快速 (F)、慢速 (S)、脉冲 (I)。

其中，等效连续声级 (Leq) 是最常用的声量，是一段时间内接收声音能量的均值，它与信号的能量含量有直接关系，用于评估对人类听力的危险程度。脉冲时间计权 (I)，用于分析短促的脉冲声。快速计权响应比慢速计权快，例如：在安静的环境，一个很响且持续的声音被突然打开，F 计权显示的声压级大约需要 0.6s 即可刷新为新声压级，而 S 计权做出反应则需要约 5s 之后。

### 5.3、声级计精度

根据国际标准(IEC61672-1)和国家标准(GB/T 3785.1 和 JJG188)，声级计按精度可分为 1 级声级计 (一型) 和 2 级声级计 (二型)，主要区别在频率响应、工作温度范围、最大允许误差等，譬如二级声级计的工作温度范围为 0℃~+40℃、一级为-10℃~+50℃，1 级声级计精度高于 2 级声级计。

## 六、声音测量的典型应用

随着经济的发展和人们物质文化生活水平的提高，噪声普查和环境保护工作已全面开展，机器制造行业也把噪声作为产品的重要质量指标之一，礼堂和体育馆等建筑物不仅仅要求造型美观，也追求音响效果，这些都使得声音测量越来越广泛。现在声音测量不仅应用在声学 and 电声学测量中，而且已经广泛应用于机器制造、建筑设计、交通运输、环境保护、医疗卫生以及国防工程等各个领域。

### 6.1 典型应用 1：环境噪声

环境噪音 (声) 定义为环境中不需要的声音，会干扰正常活动，如睡眠、交谈或注意力，并导致负面的健康影响，从环保的角度出发，称为噪音污染，与废水、废气、废渣一起，被称为“四大公害”。通常情况下，使用 2 级声级计就能满足测量环境噪声。当噪声 A 声级低于 35dB 时，就需要使用 1 级声级计。当需要测低频噪声时 (例如：噪声敏感建筑物测量室内噪声)，需要中心频率为 31.5Hz、63Hz、125Hz、250Hz、500Hz 的倍频带声压级。

### 6.2 典型应用 2：职业噪声测量

职业噪声是工作场所接触噪声，尤其噪声大的生产性噪声场合，劳动者在工作中，由于长期接触噪声会发生一种渐进性的感音性听觉损害。工业噪声对在其工作区内的工作人员损害很大，所以全世界对相关职业人员的噪声卫生标准进行了规定：美国 OSHA 1910.95 确定职业噪声暴露、欧盟使用 ISO9612 噪声指令、



中国使用 GBZ2.2-2007 标准。根据国标职业卫生噪声测量方法，声级计需要有 A、C 计权和峰值测量（Peak），这就要求使用 2 级声级计或 2 级以上的声级计、积分声级计、噪音剂量计、或个人声暴露计等仪器。职业噪声测量关键指标如下：

**每日噪音暴露水平(Lex)：**一个工作日 8 小时内测量。测量的每日噪声暴露水平也可以表示为每日允许的噪声暴露限值的百分比，这种结果称为噪声剂量。评估噪声最流行的方法是使用称为噪声剂量计的可穿戴声级计进行 8 小时测量。通过这种方式，可以获得超过 8 小时的声音暴露总量并将其转换为噪声剂量。

**8 小时暴露水平(Lex8h)：**是在工作时间内测量的  $L_{Aeq}$  8 小时外推，即噪声暴露显示为外推至 8 小时的分贝水平。如果测量持续少于 8 小时，例如 6 小时，则计算是外推的，并且它被计算为好像它已持续了 8 小时。

**峰值噪音暴露水平(Lcpeak)：**在工作时间内测量的最大 C 计权声压级，根据欧盟噪声指令测量  $L_{cpeak}$ ，相应的限值为 140、137 和 135dB(C)。

### 6.3 典型应用 3：建筑声学测量

建筑声学涉及建筑物居住者的声学舒适度。大多数建筑声学测量都是按照 ISO 16283 进行，其定义了建筑隔音测量程序：相邻并属于不同住宅单元的两个空间的空气隔音，与外部噪音相比通过外墙的空气隔音和地板的冲击隔音隔声。测量内容包括声压级测量、背景噪声测量、混响时间测量、隔声量等，所以用声级计测量声压级、背景噪声大小非常重要。

### 6.4 典型应用 4：NVH 测量

在汽车、火车等交通工具，需要进行 NVH 测量，已判断这些交通工具的舒适度。NVH 是指 Noise（噪声）、Vibration（振动）和 Harshness（声振粗糙度），NVH 测量核心是对机器进行状态监测和结构健康监测，主要包括 5 个方面：噪音测量、振动测试、响应频谱分析、声学反射测试、结构模态分析。所以使用声级计进行噪音测量很重要，有些声级计，例如：[OIAWA5936](#)通过配置不同的传感器，还可同步进行加速度、速度、位移三种振动量的振动测试。

此外，声音测量使用的领域还很广，例如：乐器电声测量、机器设备故障诊断、声品质分析、音频测试等。