

音频基础知识（声压/声压级）

声音测量最常用的物理量是声压，但声压的大小通常用声压级 (Sound Pressure Level, SPL) 来描述。人耳可听的声压范围为 $2 \times 10^{-5} \text{Pa} \sim 20 \text{Pa}$ ，对应的声压级范围为 $0 \sim 120 \text{dB}$ ，因此，引入声压级的概念易于描述线性变化很大的声压。

一、压强

定义：单位面积上所受到的压力叫做压强；

单位：压强的单位是 Pa(帕)；

$1 \text{Pa} = 1 \text{N/m}^2$ ，即 1 帕斯卡=1 平方米面积上受到 1 牛顿的压力；

$1 \text{Pa} = 10^3 \text{mPa} = 10^6 \mu\text{Pa}$

二、声压

2.1 声压定义

设大气受声波扰动后压强由 p_0 改变为 p_1 ，则由声扰动产生的逾量压强（简称为逾压） $p = p_1 - p_0$ 就称为声压，声压的大小反应了声波的强弱。

或者：声音通过空气的振动所产生的压强叫做声压强，简称声压。

声压是一标量而不是矢量，它的相位按下列原则区分正负，当声压使总声压增加时，声压相位规定为正，反之为负。

2.2 声压单位

声压的单位为 Pa(帕)，有时也用 bar(巴)作单位， $1 \text{bar} = 100 \text{KPa}$ 。

2.3 可听阈声压

正常人耳对 1KHz 声音刚刚能觉察其存在的声压值（20μPa）被称为 1KHz 声音的可听阈声压。一般来讲，人耳不能觉察到低于这一声压值的声音的存在。

2.4 瞬时声压

声场中某一瞬时的声压值称为瞬时声压。

2.5 峰值声压

在一定时间间隔中最大的瞬间声压值称为峰值声压或巔值声压。如果声压随时间变化是按简谐规律，那么峰值声压也就是声压的振幅。

2.6 有效声压

在一定时间间隔中，瞬时声压对时间取均方根值称为有效声压：

$$p_e = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p^2 \cdot dt}$$

式中下角符号 e 代表有效值，T 代表取平均的时间间隔，它可以是一个周期或比周期大得多的时间间隔。我们日常中所说的声压和一般电子仪表所测得的声压都是有效声压。

三、声压级

3.1 声压级定义

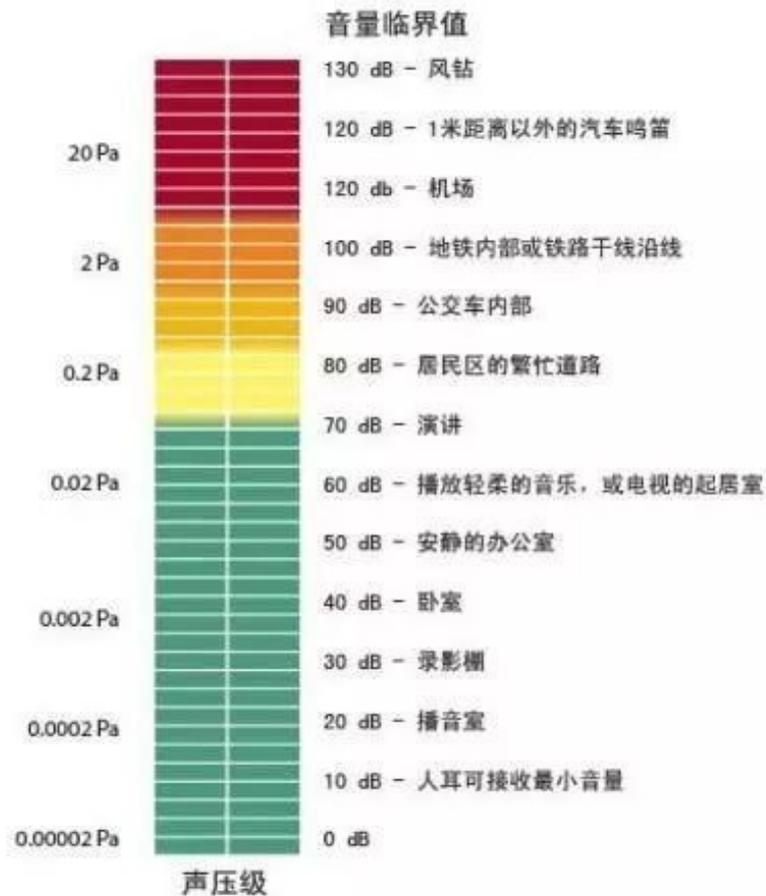
把声压的有效值取对数来表示声音的强弱，这种表示声音强弱的数值叫声压级。声压级以符号 SPL 表示，单位为分贝（dB）：

$$SPL(\text{声压级}) = 20 \lg \frac{p_e}{p_{\text{ref}}} (\text{dB})$$

式中 p_e 为待测声压的有效值， p_{ref} 为参考声压，在空气中参考声压 p_{ref} 一般取为

$2 \times 10^{-5} \text{Pa}$ 。

由于人耳所能感受到的最小声压是 $20 \mu\text{Pa}$ ，因此人们就把这个压强作为声压强的参照标准，记做 p_{ref} ，因此在声学或医学上把 $20 \mu\text{Pa} = 0 \text{dB SPL}$ 定义为听阈，即听觉的阀门，只有高于此值，阀门才能打开，听到声音。



3.2 声压级的计算

在空气中声压级的计算公式为：

$$SPL(\text{声压级}) = 20 \lg \frac{X \text{Pa}}{20 \times 10^{-6} \text{Pa}} \text{ dB SPL}$$

例如 1Pa 声压对应的声压级：

$$20 \lg \frac{1 \text{Pa}}{20 \times 10^{-6} \text{Pa}} \text{ dB SPL} = 20 \lg \frac{10^5}{2} \text{ dB SPL} \approx 94 \text{ dB SPL}$$

这就是平时我们所说的 1Pa 的声压相当于 94dB 声压级 (SPL), 类似可以计算出:

$$20\mu\text{Pa}=0\text{dB SPL}$$

$$200\mu\text{Pa}=20\text{dB SPL}$$

$$2\text{mPa}=40\text{dB SPL}$$

$$20\text{mPa}=60\text{dB SPL}$$

$$200\text{mPa}=80\text{dB SPL}$$

$$2\text{Pa}=100\text{dB SPL}$$

即声压变为原来的 10 倍, 声压级在原来的基础上增加 20dB; 声压变为原来的 2 倍, 声压级在原来的基础上增加 6dB;

另外, 当声压达到 20Pa, 即声压级为 120dB SPL 时, 人耳会感觉到疼痛, 因此, 在声学或医学上把 20Pa=120dB SPL 定义为痛阈, 长时间在此环境下工作, 会对听觉系统造成伤害。

采用分贝(dB) 来表达声学量值的主要原因, 是由于人体听觉系统对声音强弱刺激的反应不是按线性 (即逐渐加大) 规律变化的, 而是成对数比例关系变化的, 所以采用对数的分贝值可以适应听觉本身的特点。其次, 日常生活中遇到的声音, 若以声压值表示, 变动范围是很宽的, 当用对数换算后, 从数值上可以大为缩小声压的变化范围, 因此用分贝来表示声学的量值是科学的。