

论声压级平均算法

钟恭良[†]

(广州市迪士普音响科技有限公司 广州 510180)

摘要 本文阐述了求声压级平均值的几种算法,特别论述了对声压级数据直接进行算术平均的运算方法。

关键词 声压, 声强, 声压级, 数学期望, 算术平均, 均方根

On the algorithms of sound pressure level average

ZHONG Gong-Liang

(Guangzhong DSPPA Audio Co., Ltd. 510180)

Abstract The algorithms of sound pressure level average are expounded, among which the method of SPL arithmetic mean is diseussed in detail.

Key words Sound pressure, Sound intensity, Sound pressure level (SPL), Mathematical expectation, Arithmetic mean, Root mean square

笔者在主持起草公共广播国家标准《公共广播系统工程技术规范》过程中,多次遇到声压级(SPL)的运算问题(主要是平均运算),专家们有各种不同的意见,争议颇为激烈。多数认为,在涉及多个声压级之间的关系时,应把声压级转换成为相应的“声压(sound pressure)”或“声强(sound intensity)”然后运算,最后把运算结果再转换成声压级。一般认为,多个声压级数据是不能直接进行算术运算的。

笔者认为,事情不能一概而论。在不同情况下,应该有不同的算法。

1 几种可能的平均算法

声压级数据求平均值,可能有4种方法:

声压级算术平均法、声压平均法、声压均方根平均法、能量/声强平均法。

设有 n 个声音信号,其声压级分别为:

$L_1, \dots, L_i, \dots, L_n$, L_a 为其平均值。

相应地,对应的声压分别为: $P_1, \dots, P_i, \dots, P_n$, P_a 为其平均值。

这时, P_0 为计算声压级时的国际标准参考声压。

1.1 声压级算术平均法

算法见式(1)

$$L_a = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n} \quad (1)$$

骤然一看,此法背离声压级的定义,犯有低级错误。但许多声级计都提供这种方法(例如 PAA3、IE-35^[1]);在一次讨论某国家标准

2008-08-28 收稿;2008-12-19 定稿

作者简介:钟恭良(1934-),男,广州市人;广州市迪士普音响科技有限公司首席研究员兼总工程师,研究方向:公共广播。

[†]通讯作者:钟恭良, E-mail:zhgling@163.com

修订案的会议上, 有些专家也提出过这种方法。可见此法并非绝对不能考虑。

1.2 声压平均法

首先把声压级变换为声压, 求出它们(声压)的算术平均值, 再求平均声压的声压级。

根据声压级的定义, 应有

$$L_1 = 20\lg(P_1 / P_0), \dots, L_i = 20\lg(P_i / P_0), \dots, L_n = 20\lg(P_n / P_0)$$

据此, 其中第 i 个声压应为

$$P_i = P_0 (10^{L_i/20})$$

声压(不是声压级)的算术平均值 P_a 应是

$$P_a = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} = \frac{P_0 \sum_{i=1}^n (10^{L_i/20})}{n}$$

于是, 平均声压级为:

$$\begin{aligned} L_a &= 20\lg P_a / P_0 = 20\lg \frac{\sum_{i=1}^n (10^{L_i/20})}{n} \\ &= 20\lg \sum_{i=1}^n (10^{L_i/20}) - 20\lg n \end{aligned} \quad (2)$$

1.3 声压均方根平均法

首先把声压级变换为声压, 然后用均方根法求和, 得到它们的总声压 P

$$P = \sqrt{\sum_{i=1}^n P_i^2} = P_0 \sqrt{\sum_{i=1}^n (10^{L_i/10})}$$

于是, 其平均声压即为

$$P_a = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n P_i^2}}{n} = \frac{P_0}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (10^{L_i/10})}$$

平均声压级为

$$\begin{aligned} L_a &= 20\lg \frac{P_a}{P_0} = 20\lg \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (10^{L_i/10})}}{n} \\ &= 10\lg(\sum_{i=1}^n 10^{L_i/10}) - 20\lg n \end{aligned} \quad (3)$$

1.4 声强/能量平均法

如果不考虑各测量点波阻抗的微小差异,

并将空气的波阻抗率近似视为 $400\text{kg/m}^2\cdot\text{s}$, 则声压级和声强级的量值是一样的。从声能的角度求和, 然后求能量的平均值, 再由该平均值求平均声压级。

根据定义有

$$L_i = 10\lg \frac{P_i^2}{P_0^2}$$

总声压的平方(对应于声强)为

$$P^2 = \sum_{i=1}^n P_i^2 = \sum_{i=1}^n P_0^2 (10^{L_i/10})$$

其平均值为

$$P_a^2 = \frac{P^2}{n} = \frac{P_0^2}{n} \sum_{i=1}^n (10^{L_i/10})$$

平均声压级(声强级)为

$$\begin{aligned} L_a &= 10\lg \frac{P_a^2}{P_0^2} = 10\lg \left[\frac{\sum_{i=1}^n (10^{L_i/10})}{n} \right] \\ &= 10\lg \sum_{i=1}^n (10^{L_i/10}) - 10\lg n \end{aligned} \quad (4)$$

有些声级计(例如 IE-35), 除提供算术平均法外, 还提供这种方法。

GB/T7313-1987《高保真扬声器系统最低性能要求及其测量方法》用此法计算窄带粉噪扫频的平均响应。

2 讨论

2.1 笔者认为, 下列情况应使用式(1), 即声压级算术平均法:

(1) 所论的声音信号不是作用于同一点, 或数据在声场中的不同点采集

(2) 在声场中的同一个点分次采集数据

因为在以上情况下求“平均声压级”, 实际上是为了统计其效应, 即是求其数学期望值, 而声压级的算术平均值就是其数学期望值(当测量点数/次数足够多时)。

用声级计测出声场中各点的声压级, 把

声压级转换为声压,然后求和再平均是不合理的。从物理上说,这时不存在声压“和”的问题,因为所论的声信号不是作用于同一个点。

即便是同一个点的数据,如果分次采集,也不存在声压“和”的物理过程。这种情况下采集的是一组典型的随机数据。

同理,也不存在能量“和”的物理过程。

严格地说,在上述情况下,本应先求出事件的概型,然后求其数学期望值和方差;当数据过分离散时还须剔除坏值重新计算。但一般来说,确定事件的概型是一件十分复杂的事。如果不是为了某种严格的科学研究目的,是不必要的。对于电声工程应用来说,更是如此。

《厅堂扩声特性测量方法》GB/T4959中有关测量传输频率特性的条款,要求计算厅堂各测量点每一个窄带粉噪声压级的平均值,笔者以为也应该用式(1),即声压级算术平均法。不少声级计能够直接提取这样的平均值,而它们许多都是对声压级数据直接进行算术平均运算的。

有一种意见认为,声压级属非线性量,因此用算术方法运算绝对是概念错误。这种意见值得商榷。在统计算法中,并不排除求一组具有非线性性质的随机数的数学期望值,而恰好数学期望值就是算术平均值。再说,声压级对于听觉来说,正是一个线性的或“准线性”的物理量。因此,直接进行算术平均应属顺理成章。

2.2 当所论的声音信号是相位无规的,并同时作用于同一点时,应该用式(3),即均方根平均法。

两个或多个相位无规的宽带粉噪同时作用于声场的某一点时,它们的声压无疑会叠加。众所周知,这样的叠加只应用均方根法求和。

顺便指出,当测试用的粉噪信号同环境噪声混在一起时,可以参考此法分离出信号数据。

2.3 当所论的声音信号按一定的时序(速度应当快)作用于同一点时,应该用式(4),即能量平均法。

在这种情况下,不存在声压叠加的问题,因为它们并非同时出现。而如果时序更替相当快,则存在能量的积累。笔者认为,GB/T7313-1987《高保真扬声器系统最低性能要求及其测量方法》用此法计算窄带粉噪扫频的平均响应是合理的。

2.4 只有当所论的声音信号的相位和波形完全一致,并同时作用于同一点时,才应使用式(2),即声压平均法。

笔者相信,实践中很少会遇到这种情况。遗憾的是,人们常常在似是而非的条件下误用这种算法。

参 考 文 献

- [1] Ivie Technologies Inc., IE-35 Manual- Issued on Jan. 2006, <http://www.ivie.com>