

声信号指示

南京大学声学研究所教授 赵其昌

【摘要】 主要探讨了声信号的特征,以及在音频工程中声信号的指示装置:峰值节目电平表 (PPM表) 和标准音量表 (vu表)。

【关键词】 声信号 指示装置 峰值节目电平表 PPM表 标准音量表 vu表

本文讨论的声信号主要是指语言和音乐信号,它们是一种瞬时变化的随机信号,是一种波形很复杂的信号。根据傅里叶分析,任何复杂信号都可以用一系列的简谐信号来表示(这也是现代频谱分析技术的基础),因此常用测量设备的指示装置都是针对简谐信号而设计的。描述简谐信号大小的物理量有:峰值、有效值和平均值。这些量都有非常明确的物理意义。

1 表示简谐信号的物理量

峰值 (U_p) 表示某一时间间隔内信号的最大瞬时值;

有效值 (U_{rms}) 是指某一时间间隔内信号的瞬时值的平方平均值的平方根值,表示信号所具有的能量;

平均值 (U_{avg}) 是指信号瞬时绝对值的平均值。

对于简谐信号这三个量之间的关系是:

如果设 $U_p = 1$, 则 $U_{rms} = 0.707$, $U_{avg} = 0.637$ 。如果用分贝来表示,以 U_p 为参考,则有效值比峰值下降 3dB, 平均值比峰值下降 3.9dB, 比有效值下降 0.9dB。如图 1 所示。

这三种物理量中最常用的是有效值,例如,测量放大器的表头、万用表上的电压指示以及电度表等指示的都是信号的有效值。

2 复杂声信号的表示方法

然而,用表示简谐信号的物理量来表征音频工程中的语言或音乐信号则不行,因为语言或音乐信号的波形很复杂。通常情况下,我们并不一定要知道语言或音乐信号的能量大小,却更关心信号在传输过程中是否失真。取一段语言或音乐信号进行观察,会发现有很多能量很小但峰值很高的尖峰,这不同于简谐信号。为了表示此类信号波形的特征,引入了一个物理量——峰值因子,即信号的峰值与有效值之比。对于简谐信号,其峰值因子为 1.4,而语言信号的峰值因子一般为 3~5,音乐信号的峰值因子更高,可高达 10 以上。

如果用有效值表来指示语言或音乐信号的大小,则只能了解信号的能量大小,而不知道信号的峰值情况。信号在有效值表上指示为最大值时,信号的峰值可能早就被削掉了。信号的峰值的能

量虽然很小,但对音质的影响却至关重要。人耳对瞬时变化的峰值是通过一定的时间平均来反映的,并不敏感。但是,如果尖峰被削波,则会出现很多原来信号中没有的高频成分,这就是失真。人耳对失真极为敏感。所以,音频工程中不能用有效值来指示声信号的大小。为此,提出了两个新的物理量:准峰值和准平均值。这两个量完全是因音频工程的需要而提出的,它不像峰值、有效值和平均值等有明确的物理意义,是一个相对量。

2.1 准峰值

准峰值,是用与声音信号有相同峰值的稳态简谐信号的有效值表示的值。假如有一个音乐信号波形如图 2 所示,它有很多很尖很高的峰,假设有一个简谐信号的峰值与被测的音乐信号的峰值一样高,就可以用此简谐信号的有效值表示该音乐信号的准峰值。对于简谐信

图 1 简谐信号三个量的关系

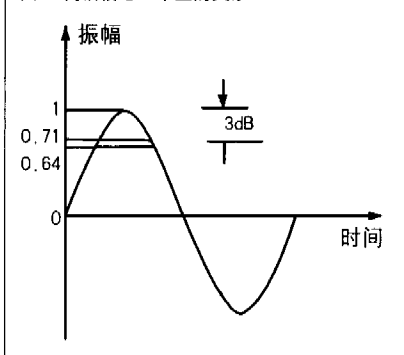
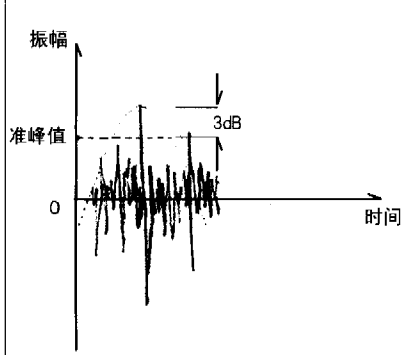


图 2 准峰值示意图



号来讲, 准峰值就是有效值; 对于复杂的声信号, 则知道其准峰值, 就可以准确地知道其峰值的大小, 即比准峰值大 3dB。这对节目信号的控制非常有利, 可以有效地防止电声设备对节目信号的削波。指示准峰值的表头称为峰值节目电平表, 又称为 PPM 表。

2.2 准平均值

准平均值, 是用与声信号有相同平均值的稳态简谐信号的有效值表示的值。对于简谐信号, 准平均值就是有效值; 对于复杂的声音信号, 其平均值与声信号的响度相对应, 所以指示准平均值的表头称为标准音量表, 又称为 vu 表。

3 声信号的指示装置

3.1 峰值节目电平表

峰值节目电平表 (Peak Programme Level Meters, 简称 PPM 表), 是用来指示音乐和语言传输中复杂电信号的准峰值的表。它由两部分构成: 电子部分包括放大、整流、积分、对数放大电路; 指示部分为动圈型表头或增量式显示器。峰值节目电平表一般分为 I 型、II 型和简易型, 不同的国家选型不同, 德国和斯堪的纳维亚国家广播当局选用 I 型, 英国广播当局选用 II_A 型, 欧洲广播联盟成员国选用 II_B 型, 普通和消费类声频设备常用简易型。

峰值节目电平表的主要特征有: 信号最大允许电平 (参考指标)、参考输入电平、标尺分度、幅频响应、积分时间、过冲、返回时间、可逆性误差、输入阻抗和接入 PPM 表导致的失真等。

I 型和 II 型峰值节目电平表的主要差别如下:

1. I 型表的标度至少应该覆盖 -40dB ~ +3dB 范围;
2. II_A 型表相对于参考指标的标度范围为 -20dB ~ +4dB, II_B 型表为 -21dB ~ +3dB;
3. I 型表的标称积分时间 (上升时间) 为 5ms, II 型表为 10ms。

其他特性基本一致。

峰值节目电平表要求指示器的上升时间非常短, 因为信号的峰值很尖锐, 变化又很快, 要能正确指示信号的峰值必须要求其上升的时间非常短, 然而, 峰值过后的下降时间 (1.7s) 则很长。如果下降时间也很快, 则使用者还来不及看清就过去了。这里并不要求去测量峰值的大小, 而是要知道是否有峰值出现。因此, 缓慢的下降对控制者来讲很不利。在下降过程中, 如果又出现新的高峰, 则表头指示迅速上升, 然后再缓慢下降, 表的指示常处在高位, 反映信号的峰值的变化。

峰值节目电平表的标尺分度: I 型表的标尺分度规定在 -40dB ~ +3dB 范围内

近似为线性, 并以分贝标定。信号最大允许电平在分贝标度上标志 “0”, 在百分数标度上标志 “100”。使用 1000Hz 正弦测试信号校准, 参考输入电压为 1.55V [+6dB (0dB=0.775V)], 即标尺分度上的 0dB 相当于输入 1000Hz 正弦信号、有效值为 1.55V 时指示的值。

II 型表的标尺分度: II_A 型表头的标度用编号分度线分成六个近似相等的间隔, 每个间隔为 4dB, 如图 3 所示。信号最大允许电平在标度尺上标志为 “6”, 使用 1000Hz 正弦测试信号, 参考输入电压为 1.94V 校准。II_B 型表头的标度用编号分度线分成 12 个近似相等的间隔, 间隔为 2dB。主要标志线位于中间位置 “TEST” 电平标志线左右 4dB 间隔的各点上, 如图 4 所示。信号最大允许电平在标度上为 +9dB, 参考输入电压为 2.18V (1000Hz 正弦信号)。在高于 “TEST” 电平 9dB 的点上有一条附加的标志线。总标度长度应不小于 8cm。

II_A 型和 II_B 型表头的对应关系见表 1。

简易型标尺分度: 覆盖范围为 +6dB ~ -42dB, 高于参考指示 6dB、低于参考指示 12dB 的范围内, 分辨率应等于或优于每个元件 3dB; 参考指示以下

表 1 II_A 型和 II_B 型表头的对应关系

| 指示表头的读数 | | 相应输入电压 (r.m.s) dB |
|--------------------|--------------------|-------------------|
| II _A 型表 | II _B 型表 | |
| 最小 | 最小 | -∞ |
| 1 | -12 | -12 ± 0.5 |
| 2 | -8 | -8 ± 0.3 |
| 3 | -4 | -4 ± 0.3 |
| 4 | TEST | 0 |
| 5 | +4 | +4 ± 0.3 |
| 6 | +8 | +8 ± 0.3 |
| 7 | +12 | +12 ± 0.5 |

图 3 II_A 型峰值节目电平表的表头刻度

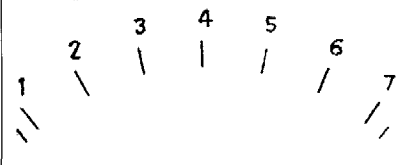


图 4 II_B 型峰值节目电平表的表头刻度

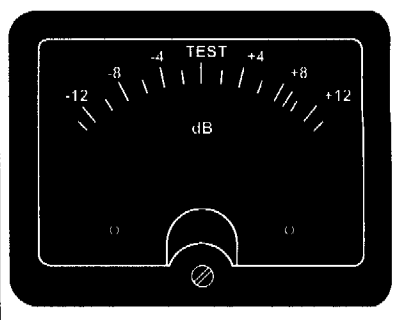


图5 简易型峰值节目电平表的表头刻度

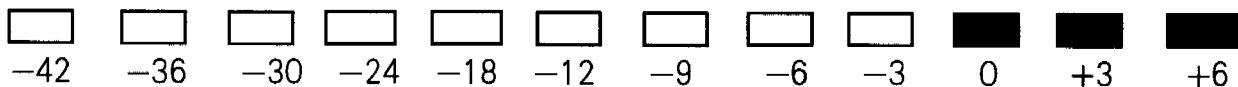


图6 标准音量表接线图

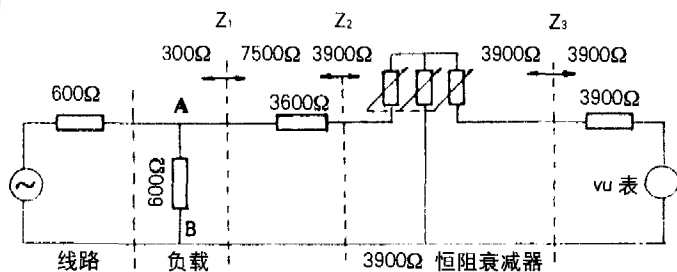
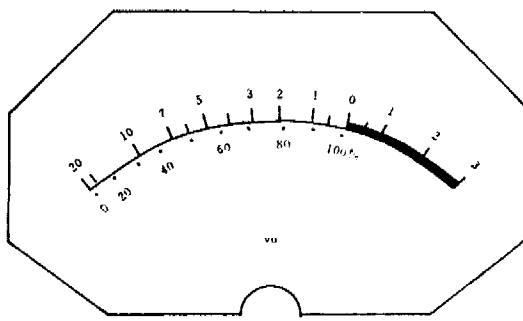


图7 标准音量表的表头刻度



12dB 到 40dB 范围内,分辨率应等于或优于每个元件 6dB。信号最大允许电平在标度上对应于 0dB。图 5 为一例普通峰值节目电平表显示器。有效频率范围至少为 31.5Hz~16kHz。积分时间为 5ms,当规定的较低点为参考指示以下 20dB 时,返回时间应为 $1.7s \pm 0.3s$ 。当反转不对称输入信号的极性时,响应变化比应不大于 1dB。

3.2 标准音量表

标准音量表 (Standard Volume Indicators, 简称 vu 表),是用来确定语言和音乐节目的电信号强度的表,它的指示单位为 vu,所以标准音量表又称为 vu 表。它由三部分组成:一个带全波整流器的指示器,一个可调衰减器和一个串联电阻器(固定衰减器)。标准音量表的接线图如图 6 所示,图中所标的 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 表示线路的两端向左看或向右看的阻抗值。从图 6 可以看出,标准音量表所示的音量大小应为指示器指示值和衰减器指示值的代数和。它的基准值是在音量表的输入端(AB 端)输入 1000Hz 的稳态简谐信号,电压为 1.228V(+4dB,基准电压为 0.775V),可变衰减器的衰减量置于 0dB 时表头所示值。规定这值在刻度盘上指示为 0 (即 0vu) 或 100%。

其主要特性如下:

幅频特性: 31.5Hz~16kHz (误差 0.5vu);

响应时间: 上升时间 $300ms \pm 10\%$, 下降时间 $\approx 300ms$;

过冲: 指针至少过冲 1%,不得大于 1.5%;

输入阻抗: $7.5k\Omega \pm 3\%$;

反接引起的误差: 小于 0.2vu。

标准音量表的表头刻度见图 7。表盘用 vu 值加以校准,其最大刻度为 +3vu,最小刻度为 -20vu,刻度为对数刻度,基准值为 0vu,相当于 +4dB (参考值为 0.775V) 的电平输出。同时还有百分刻度,以 0vu 为 100%,也就是说,音量以 0vu 为最大值,大于 0vu 的表盘刻度一般用红线以示警戒。

峰值节目电平表 (PPM 表) 和标准音量表 (vu 表) 在音频工程中分别指示声信号对应的准峰值和准平均值。这两个量值对录音师和调音师在操作过程中都很重要,但是要求一个人同时注意两个表头的不同指示值并不现实。所以,很多使用者希望在一块表头上能够大致估计出另一种表示数值。例如,在峰值节目电平表上读数的同时能估计出音量大小。考虑到一般的音频信号的准峰值

比准平均值高约 2.8 倍, $20\log 2.8 \approx 9dB$,也就是说,一个音频信号的准峰值大约比准平均值高 9dB。如果在峰值节目电平表上信号最大允许电平为 0dB,则在 -9dB 处刻一条线,有可能来反映音量表上的最大值。这样做,完全是为了使用者的需要。因为从物理角度看,这两种表头的检波特性和表头的响应时间等完全不同,用同一块表去指示并不合适,指示的两个量是完全不能替代的。但是在工程应用中,只要大致相当就可以,因为我们不用表头去精确测量一个数值,只是用它指示量的变化。因此,有的峰值节目电平表上在 -9dB 增加了一条线用以反映音量的限值。

(责任编辑 周建辉)

参考文献

1. 赵其昌等.现代音响技术与工程基础.南京:南京大学出版社,1999
2. IEC 60268-10, 1990, Peak Programme Level Meters
3. IEC 60268-17, 1990, Standard Volume Indicators