

## 信号失真概念和失真度仪介绍

**【摘要】** 本文从四个方面讲述信号失真和失真度的定义，失真度测量仪的概念、原理与用途。

**【关键词】** 信号失真 失真度 失真度测量仪 原理 用途

### 一、什么是信号的失真和失真度？

失真又称为“畸变”，指信号在传输过程中与原有信号或标准信号相比所发生的偏差。例如：在理想的放大器中，输出波形除放大外，应与输入波形完全相同，但实际上，不能做到输出与输入的波形完全一样，这种现象叫失真。其中，我们未经放大器放大前的信号与经过放大器放大后的信号作比较，被放大过的信号与原信号之比的差别，该差别的值称为失真度(DISTN)或非线性失真系数，单位为百分比。由于非线性源（二极管、晶体管、电子管）的非线性伏安特性，以及铁磁器件的非线性效应，使输出信号中增加了输入信号中所没有的频率分量（谐波和组合频率），从而导致输出波形的失真，称为非线性失真。

与此同时，对低频信号的失真度一般为电压失真度，而高频信号的失真度一般为干扰失真度。本文主要讲述音频信号失真度——电压失真度。电压失真度主要针对正弦信号而言，对被测信号进行 FFT 分析，确定出各次谐波信号，此时谐波信号的电压幅度平方和与所占总的电压信号的比值，就是电压失真度系数  $k$ ，见下面公式：

$$k = \frac{\sqrt{V_{2次}^2 + V_{3次}^2 + V_{4次}^2 + \dots}}{V_{总}}$$

信号失真有多种形式：谐波失真(HD)、互调失真(IMD)、相位失真(PD)、差频失真(DFD)等。其中，人们研究信号失真，主要分析谐波失真。在放大器中，谐波失真一般由放大器的非线性导致，失真的结果会导致放大器输出产生了原信号中没有的谐波分量，使声音失去了原有的音色，严重时声音会发破、刺耳。谐波失真有奇、偶次之分，人们通过试验和分析发现，在声音音箱中，奇次谐波使人烦躁不爱听，而少量的偶次谐波则能使音色更好听。

实际工作中，工程师平常所说的失真度通常理解为总谐波失真，英文为 Total Harmonic Distortion，简称 THD。例如：在多媒体音箱的功放电路上，THD 指标指在  $f_0=1\text{KHz}$  正弦波输入和功率在  $1/2$  额定输出功率时的总谐波失真，此时失真度很容易做到  $\leq 0.5\%$ ；但是，在音量开大，使功放的功率接近额定功率时，THD 会急剧增加，这主要原因是由于电源功率的限制，使功放输出出现了削波现象，即工程师所说的削波失真，此时它是 THD 中最主要成分。

### 二、失真度测量仪的定义

失真度测量仪，也为信号失真测量仪，简称失真仪、失真度仪，是测量非线性失真系数的电子仪器。失真仪是在低频和超低频标准波形（总称音频，频率一

一般在 1MHz 以下，常见为 20Hz~20KHz) 的测试和计量中、测量波形失真度的专用仪器装置，常用于音响系统、电力系统中以及其它要求检测信号波形纯正性的场合。

下图为[北京海洋兴业科技股份有限公司](#)推出的 [GAD-201G 失真度仪](#)产品图:



### 三、失真度测量仪的原理

现在，信号失真度测量仪根据测量原理大致可分为**基波剔除法**和**频谱分析法**两种。

一般模拟式的失真度测量仪采用基波剔除法（基波抑制法），这种仪器测量的误差相对较大。通过具有频率选择性的无源网络（如谐振电桥、文式电桥、双 T 陷波网络等）抑制基波，由总电压有效值和抑制基波后的谐振电压有效值计算出失真度。如上所述，信号失真的程度可用非线性失真系数或失真度表示。根据上述公式，对纯电阻负载，失真度定义为全部谐波电压有效值与基波电压加谐波电压有效值的和之比，其比值越小，信号质量传输就越好，式中  $V_{1次}$  为基波电压有效值， $V_{2次}$ 、 $V_{3次}$ 、 $V_{4次}$ ……为各次谐波电压有效值。

频谱分析法（FFT 分析法），则是利用频率分析仪测量各次谐波的含量并计算出波形失真度的方法；它可分析测量出被测信号中的高次谐波分量，有的高达 51 次以上的谐波；频谱分析法较好地解决了超低频率失真度的测量，缺点是仪器结构复杂，价格较贵，操作繁琐。

### 四、失真度测量仪的典型用途

失真度测量仪用途广泛，大量使用在在音频和低频设备或系统中，例如麦克风、音响、耳机等。在通信系统中，常要求测量非线性失真的程度，以便采取措施，保证通信质量。电力系统中，理想供电采用纯正正弦交流电，但由于谐波干扰等影响，电力系统也需要测试信号的失真度。

例如：音箱失真度定义与放大器的失真度基本相同，不同的是放大器输入的是电信号，输出的还是电信号；而音箱输入的是电信号，输出的是声波信号。所以音箱的失真度是指电声信号转换的失真。声波的失真允许范围是 10% 内，一般人耳对 5% 以内的失真不敏感；大家最好不要购买失真度大于 5% 的音箱。其中，多媒体音箱的谐波失真在标称额定功率时的失真度均为 10%，要求较高的一般应该在 1% 以下。