

音频分析及音频分析仪简介

【摘要】本文从音频基本概念、音频分析方法、音频分析原理、音频参数测量及分析、音频分析仪器等几个方面论述,主要介绍了音频参数测量及音频分析方法。

关键字: 频率响应 谐波失真 信噪比 音频分析仪 测量

音频是多媒体中的一种重要媒体。我们能够听见的音频信号的频率范围大约是 20Hz~20kHz,其中语音大约分布在 300Hz~4kHz 之内,而音乐和其他自然声响是全范围分布的。声音经过模拟设备记录或再生,成为模拟音频,再经数字化成为数字音频。

音频设备就是将实际的声音拾取到将声音播放出来的全部过程中需要用到的各类电子设备,例如话筒、驻极体、功率放大器、扬声器等,衡量音频设备的主要技术指标有频率响应特性、谐波失真、信噪比、动态范围等。

现在大多数音频分析,主要以数字音频信号为分析对象,以数字信号处理为分析手段,提取信号在时域、频域内一系列特性的过程。各种特定频率范围的音频分析有各自不同的应用领域。例如:1、对于 300Hz~4kHz 的语音信号分析主要应用于语音识别,其用途是确定语音内容或判断说话者的身份;2、对于 20Hz~20kHz 的全范围的语音信号分析,可用来衡量各类音频设备的性能。

音频分析仪器(AudioPrecision, AP)指既能够测量话筒、驻极体、音频功放、扬声器等各类单一音频设备的各种电声参数,也能测试组合音响、调音台等组合音频设备的整体性能的分析类仪器。一般说来,一台功能较为齐全的音频分析仪器应能测量信号交直流电压、信号频率、谐波失真、信噪比等参数。功能强大的音频分析仪器提供频谱分析、1/3 倍频程分析、倍频程分析、声压级测量等功能。如要组建音频分析系统,还需一台标准音频信号发生器作为激励信号源。

一、音频分析原理

音频分析的原理主要涉及数字信号处理的基本理论、音频分析的基本方法以及音频参数测量和分析内容,其中数字信号处理是音频分析的理论基础。

1、音频分析基础

傅立叶变换(FFT)和信号采样是进行音频分析时用到的最基本技术。傅立叶变换是进行频谱分析的基础,信号的频谱分析指按信号的频率结构,求取其分量的幅值、相位等按频率分布规律,建立以频率为横轴的各种“谱”,如幅度谱、相位谱。其中,周期信号通过傅立叶级数变换后对应为离散频谱;非周期信号可看作周期 T 为无穷大周期信号,当周期趋近无穷大时,则基波谱线及谱线间隔($\omega=2\pi/T$)趋近无穷小,此时频谱变为连续频谱,因此非周期信号频谱是连续的。

在以计算机为中心的测试系统中,模拟信号进入数字计算机前先经过 A/D 转换,将连续时间信号变为离散时间信号,称为信号的采样。然后再经幅值量化变为离散的数字信号。这样,在频域上将会出现一系列新的问题,频谱会发生变化。由模拟信号变成数字信号后,其傅立叶变换也变成离散傅立叶变换,涉及到采样定理、频率混叠、截断和泄漏、加窗与窗函数等一系列问题。

2、音频分析方法

通常在对某音频设备进行音频测量分析时，该设备被看成是一个具有输入端口和输出端口的黑箱系统。将某种已知信号输入该系统，然后从输出端获取输出信号进行分析，从而了解该系统的一些特性，这就是音频分析的一般方法。输入音频设备的信号，称作激励信号。激励信号可以是正弦、方波等周期信号，也可以是白噪声、粉红噪声等随机信号，还可以是双音、多音、正弦突发等信号。最常用的检测分析方法有正弦信号检测、脉冲信号检测、最大长度序列信号检测等。

3、音频测量及分析

音频测量一般包括**信号电压 V**、**频率 f**、**信噪比 S/N**、**谐波失真 THD** 等基本参数。大部分音频参数都可以由这几种基本参数组合而成。音频分析可分为时域分析、频域分析、时频分析等几类。由于信号的谐波失真对于音频测量比较重要，因此将其单独归类为失真分析（关于失真的问题，详细见“[失真概念和失真度仪介绍](#)”一文）。以下将分别介绍各种音频参数测量和音频分析。

3.1 音频测量基本参数

音频测量中需要测量的基本参数主要有电压、频率、信噪比。电压测试可以分为均方根电压(RMS)、平均电压和峰值电压等几种，常见的是毫伏表。

频率是音频测量中最基本的参数之一。通常利用高频精密时钟作为基准来测量信号的频率。测量频率时，在一个限定的时间内的输入信号和基准时钟同时计数，然后将两者的计数值比较后乘以基准时钟的频率就得到信号频率。随着微处理芯片的运算速度的提高，信号频率可利用快速傅立叶变换通过软件计算得到。

信噪比是音频设备的基本性能指标，是信号的有效电压与噪声电压的比值。信噪比的计算公式为：

$$S/N = 20 \lg \frac{V_s}{V_n}$$

实际测量中，为方便起见，通常用带有噪声的信号总电压代替信号电压来计算信噪比。

3.2 音频时域分析

时域分析通常是将某种测试信号输入待测音频设备，观察设备输出信号的时域波形来评定设备的相关性能。最常用的时域分析测试信号有正弦信号、方波信号、阶跃信号及单音突变信号等。例如将正弦信号输入设备，观察输出信号时域波形失真就是一种时域分析方法。

方波分析具有良好的突变性及周期性，通过观察设备对方波信号的输出信号波形，能够很好地检测设备的各项性能，因此方波信号成为最常用的时域分析信号，图 1 是音频设备对方波的响应信号半个周期(上升沿)内的响应具体描述：上升时间、峰值振荡、过冲量及倾斜度等主要参数。

阶跃信号分析比较简单，主要用来检测音频设备对于信号突变的响应灵敏度。阶跃信号分析的参数通常有两个：阶跃响应信号的上升时间和脉冲宽度。上升时

间越小，设备对于信号突变的响应越灵敏，瞬态特性越好；脉宽越小，设备的阻尼特性越好，系统越稳定。

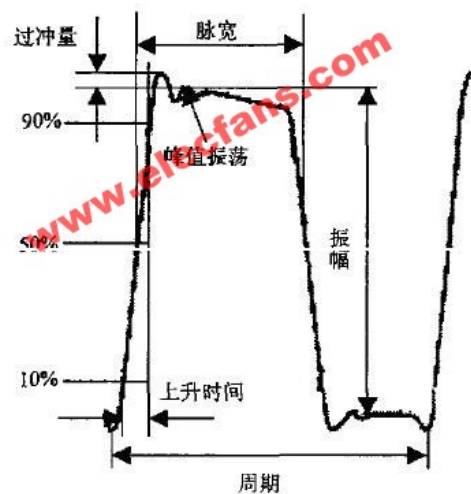


图1 音频设备的方波响应

正弦信号在某个时刻峰值突然升高，形成突变，就是单音突变信号。由于单音突变信号的能量集中在一个很窄的频率范围，因此常用单音突变信号检测音频设备在某个特定频率的响应情况。单音突变信号的主要用途是快速判定某些音频设备，例如扬声器的阻尼特性等。

3.3 音频频域分析

频域分析是音频分析的重要内容，频域分析的主要依据是频率响应特性曲线图。前面提到的正弦检测、脉冲检测及最大长度序列信号检测都能够得到设备的频率响应。频率响应曲线图反映了音频设备在整个音频范围内的频率响应的分布情况。一般来说曲线峰值处的频率成分，回放声压大、声压强；曲线谷底处频率成分声压小、声音弱。若波峰和波谷起伏太大，则会造成较严重的频率失真。

3.4 音频时频分析

时频特性描述了音频设备在时间轴上随着时间的变化其频域特性的变化情况。时频特性不仅在频率的变化过程中描述了音频设备的响应状态，而且还在时间的变化过程中描述了音频设备的响应状态，也就是从三维的角度全面地描述了音频设备的响应特性。对于放音设备而言，主观听感的评述，如低音是否干净、背景是否清晰、层次是否分明、音场的深浅等，均与音频设备的时频特性均有密切关系。音频设备时频特性是客观评价音频设备性能优劣的一个很重要方面。

3.5 音频失真分析（关于失真分析，见“[失真概念和失真度仪介绍](#)”一文）

音频设备的失真包括谐波失真、互调失真、相位失真及瞬态失真等几类。音频测量中最重要的是谐波失真。谐波失真简单地讲就是声音信号经音频设备重放后多出来的额外的谐波成分。从听众的角度看，不同的发声物体所发出的声音是由不同的基波和谐波构成的，听众可以根据声音的特性分辨出发声的物体。如果功率放大器将某种乐器所发出的乐音（乐音由基波和谐波组成）放大，经扬声器放音后，对基波和各次谐波的波形形状、幅值和相位均能无失真的重现出来，则可

以认为是高质量的放音；否则，扬声器所放出的声音听起来烦躁、别扭，则谐波失真已经达到无法忍受，甚至使人无法分辨发声乐器的种类。因此，谐波失真是音频设备的重要性能指标。

谐波失真测量方法有两种：一种是以正弦信号输入待测设备，然后分析设备响应信号的频率成分，可以得到谐波失真。另一种更简单的测量方法是首先利用带阻滤波器滤除响应信号中的基频成分，然后直接测量剩余信号的电压，将其与原响应信号作比较，就可以得到谐波失真。显然第二种方法得到的谐波失真是 THD+N，由于采用了信号的总电压值代替了基频分量电压值，因此得到的谐波失真比实际值偏小，且实际的谐波失真越大，误差越大。

在实际音频测量时，通常在一定频率范围内选取若干个频率点，分别测量出各点的谐波失真，然后将各谐波失真数值以频率为横坐标连成一条曲线，称为谐波失真曲线。下图 2 是某功率放大器在 100Hz~10KHz 范围内的总谐波失真和 2 阶、3 阶、4 阶谐波失真的曲线图。

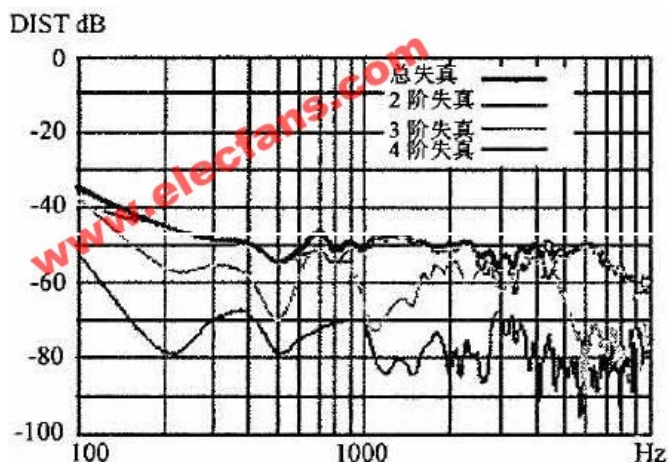


图 2 谐波失真曲线

二、音频分析仪器

目前，市场上有许多用于测量音频设备的各类专门测量仪器，例如[失真度分析仪](#)、[频谱分析仪](#)、[频率计数器](#)、[交流电压表](#)、[直流电压表](#)、[高分辨率示波器](#)等。这些仪器一般是基于个别功能电路的机架式硬件专门仪器，它们使用简便、测量精度较高，已获得广泛的应用。例如：失真度仪在低频和超低频标准波形的测试和计量中、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。

早期在做音频测量时一般是利用以上[万用表](#)、[频率计](#)、[示波器](#)及[频谱分析仪](#)等专门仪器组合成一套音频测试系统。但是，这种测试系统中间环节多，各环节之间接口匹配较为困难，使用起来比较麻烦，测量结果往往也不精确。后来工程师在集成音频测试系统的基础上，陆续推出能进行多参数和多性能测试的综合仪器，例如：动态信号分析仪、音频分析仪。近年来出现的[音频分析仪器](#)，也与仪器的主流发展趋势一致，朝着高度集成化、智能化的方向发展，这些仪器集成了

复杂音频信号发生装置、功率放大装置等，具备了一些初步的图形化分析功能，使用户很容易组建音频测量系统。

例如：现在市面上常见的音频分析仪。形象地讲，音频分析仪是指既能够测量话筒、音频功放、扬声器等各类单一音频设备各种电声参数，也能测试组合音响、调音台等组合音频设备的整体性能的分析类仪器。音频设备生产厂家可以利用音频分析仪器检查设备的性能，发现存在的缺陷，从而对设备的设计制造进行改进，消费者也可以利用音频分析仪器对设备进行评估，选择合适的产品。

以组合音响为例：在评价其性能时常用到术语“音色”，所谓音色指音响因高次谐波不同而引起的声音差异。而音响的所谓“平衡感”，指音响在全频段重放的量感听起来自然的程度。音频分析仪的作用就是将评价设备各种行业术语以各种量化的特征参数形式测量出来，“音色”所对应的特征参数就是谐波失真的测量，“平衡感”就涉及到设备在整个音频范围内的频率响应的分布情况。

三、海洋仪器音频测试配套方案

北京海洋兴业科技股份有限公司（简称海洋仪器）作为一家具有三十余年经营电子测量仪器的专业公司，全方位提供个音频测量专门仪器和综合测试仪器。

具体方案见下表：

型号与名称	主要功能	基本性能和参数	参考价格(元)
GAD-201G 自动失真度测量仪	测量音频信号电压与失真度	频响 20Hz~200KHz, 失真度量程: 0.1%~100%, 电压量程: 1mV~300Vrms	¥4500
GVT-417B 单通道指针交流毫伏表	测量音频信号的低电压, 并测量 dB 值	频响 10Hz~1MHz, 电压量程: 100uV~100Vrms, dB 值量程: -70dB~+40dB	¥1800
GVT-427B 双通道指针交流毫伏表	同时测量 2 路音频信号的低电压和 dB 值	频响 10Hz~1MHz, 电压量程: 100uV~100Vrms, dB 值量程: -70dB~+40dB	¥2800
GFC-8131H 高稳时基数字频率计	测量音频信号的频率和周期	8 位 LED 显示, 频率范围: 100nHz~1.3GHz, 周期范围: 8ns~100s	¥1900
GAG-809 音频信号发生器	产生符合 600Ω 输出阻抗的音频信号	频响 10Hz~1MHz, 正弦波失真: 0.1%, 输出正弦波和方波	¥1450
GAG-810 低失真音频信号发生器	产生符合 600Ω 输出阻抗的低失真音频信号	频响 10Hz~1MHz, 正弦波失真: 0.02%, 输出正弦波和方波	¥1600
DrDAQ 音频分析实验数据采集博士	综合含声级计和声音波形测量和频谱分析功能	100KHz 带宽, 内置 DC~20kHz 信号源, 量程为 55~100dB 的声级测量和记录	¥1300
4262 动态信号分析仪或频响分析仪	轻松分析音频、超声波、振动等信号的特征噪声和失真; 动态频响分析和测量 11 种频域参数	16 位高分辨率实时示波器和快速 FFT 频谱仪: DC~5M、2 通道; 低失真音频源: DC~20k、102dB 动态范围; THD、IMD、S/N 等 11 种频域参数自动测量	¥12000
UPP200 音频分析仪	精确测量模拟和数字音频信号的智能综合音频分析和测试仪器	2 信道、频率 DC~80kHz, 测量频域参数: RMS 宽带、S/N、调制失真、DFD、极性、波形、频率、群延时等 16 种	¥98000

@本文由北京海洋兴业科技股份有限公司编写，如需转载，请注明出处。