

# GY

中华人民共和国广播电影电视行业标准

GY/T 285—2014

---

## 数字音频设备音频特性测量方法

Measurement methods of audio characteristics for digital audio equipment

2014 - 12 - 17 发布

2014 - 12 - 17 实施

---

国家新闻出版广电总局

发布

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语、定义和缩略语 .....	1
4 测量条件及仪器 .....	2
5 输入特性测量 .....	5
6 输出特性测量 .....	7
7 线性响应测量 .....	8
8 振幅的非线性测量 .....	11
9 信噪比测量 .....	12
10 串音和分离度测量 .....	13
参考文献 .....	14

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准参照IEC 61606《音视频设备——数字音频部分——音频特性基本测量方法》和AES 17-1998 (r2009)《数字音频工程AES标准方法——数字音频设备测量》进行编制。

本标准由全国广播电影电视标准化技术委员会 (SAC/TC 239) 归口。

本标准起草单位：中央人民广播电台。

本标准主要起草人：朱峰、姬海啸、刘澎、罗攀。

# 数字音频设备音频特性测量方法

## 1 范围

本标准规定了数字音频设备音频特性的测量方法。对于能够确保同样测量精度的任何等效测量方法也可以采用。有争议时，应以本标准为准。

本标准适用于广播数字音频设备生产、测量、维护、验收，其他数字音频设备测量可参照执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 3241-2010 电声学 倍频程和分数倍频程滤波器

GB/T 17147-2012 声音广播中音频噪声电压的测量

GY/T 158-2000 演播室数字音频信号接口

GY/T 192-2003 数字音频设备的满度电平

## 3 术语、定义和缩略语

### 3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.1.1

**满度振幅 full-scale amplitude**

频率为997Hz的正弦波信号其正峰值达到正数字满刻度时的振幅。保留其负的最大编码不用。用二进制补码表示时，负峰值比最大负编码小1LSB。

#### 3.1.2

**满度分贝 decibels full scale**

信号振幅相对满度振幅以分贝表示的单位（dB FS），即信号振幅与满度振幅的比值取20倍常用对数，即  $20 \lg(V/V_{\text{满}})$ 。规定字母dB与FS之间有一个空格。

注：因为GY/T 192-2003中对满度电平的定义是基于正弦波，所以当使用方波测量信号时，读值有可能达到+3.01dB FS。由于滤波过程导致此幅度的方波产生畸变，因此建议不要使用此电平的方波。

#### 3.1.3

**上限频率 upper band-edge frequency**

被测量信号的最高频率，其值为采样频率的0.46倍。

注：如果采样频率高于44.1kHz，设备生产厂商可以选择20kHz和采样频率的0.46倍之一作为上限频率，并在设备的

系统说明书中加以说明。

### 3.1.4

#### 数字零 digital zero

对应于无信号的静态数据。它表示在二进制计数法中，所有音频数据比特均置“0”。该信号不加底垫噪声信号。

### 3.1.5

#### 抖动灵敏度 jitter susceptibility

信号或参考信号的时基偏移对被测设备性能的影响程度。

### 3.1.6

#### 折叠频率 folding frequency

数字系统采样频率的一半。

### 3.1.7

#### 混叠分量 aliasing components

由于亚奈奎斯特取样产生的镜像信号分量。

[GB/T 7400-2011, 3.474]

### 3.1.8

#### CCIR-R. M. S.

使用GB/T 17147-2012中规定的记权滤波器对噪声信号幅度进行测量时，用CCIR-R. M. S. 来标明使用了该记权滤波器。

## 3.2 缩略语

下列缩略语适用于本标准。

LSB 最低有效位 (Least Significant Bit)

R. M. S. 均方根值 (Root Mean Square)

THD+N 总谐波失真与噪声之和 (Total Harmonic Distortion plus Noise)

## 3.3 符号

下列符号适用于本标准。

$f_s$  取样频率

$f_h$  上限频率

## 4 测量条件及仪器

### 4.1 测量条件

#### 4.1.1 环境要求

除特别说明外，测量环境要求如下：

环境温度：15℃～35℃；

相对湿度：45%~75%；  
大气压力：86kPa~106kPa。

#### 4.1.2 电源要求

电源电压：220V±22V。  
电源频率：50Hz±2Hz。

### 4.2 测量仪器

#### 4.2.1 标准低通滤波器

本标准采用的标准低通滤波器应具有如下特性：

- a) 当上限频率为 20kHz 时，标准低通滤波器应具有如下特性：  
通带内频响偏移：当 $10\text{Hz} \leq f \leq 20\text{kHz}$ 时，信号电平偏移量在±0.1dB范围内；  
通带外衰减：当 $f > 24\text{kHz}$ 时，通带外信号衰减大于60dB。
- b) 当上限频率小于 20kHz 时，标准低通滤波器应具有如下特性：  
通带内频响偏移：当 $10\text{Hz} \leq f \leq f_h$ 时，信号电平偏移量在±0.1dB范围内；  
通带外衰减：当 $f > f_s - f_h$ ，通带外信号衰减大于等于60dB。

#### 4.2.2 标准高通滤波器

标准高通滤波器在其通带内峰间起伏小于0.6dB，阻带衰减大于60dB。高通滤波器的过渡带低端应与上限频率相等，高端应不大于该上限频率的1.3倍。

- a) 当上限频率小于 20kHz 时，标准高通滤波器应具有如下特性：  
通带内频响偏移：当 $1.3 \times f_h \leq f \leq 200\text{kHz}$ 时，信号电平偏移量在±0.3dB范围内；  
通带外衰减：当 $10\text{Hz} \leq f \leq f_h$ 时，通带外信号衰减大于等于60dB。
- b) 当上限频率为 20kHz 时，标准高通滤波器应具有如下特性：  
通带内频响偏移：当 $26\text{kHz} < f < 200\text{kHz}$ 时，信号电平偏移量在±0.3dB范围内；  
通带外衰减：当 $10\text{Hz} < f < 20\text{kHz}$ 时，通带外信号衰减大于等于60dB。

注：用5个极点的椭圆形滤波器和7个极点的切比雪夫滤波器可以实现这个特性。

#### 4.2.3 标准加权滤波器

除总增益外，用于加权噪声测量的标准加权滤波器应符合GB/T 17147-2012的有关规定。滤波器的单位增益频率应取2kHz，相当于在全频带加入了5.629dB衰减。如果测量所用标准加权滤波器不同于本标准推荐的，应注明该滤波器网络及其增益。

#### 4.2.4 标准陷波滤波器

标准陷波滤波器是一个独立的滤波器，可以用来代替THD+N失真分析仪。标准陷波滤波器的Q值应在1~5之间，这个值可以通过先测量-3dB处的频率，再计算中心频率与两个-3dB处频率之差的比值来检验。对于多级陷波滤波器，如果其组合Q值符合上述要求，也可使用。

#### 4.2.5 底垫噪声信号

底垫噪声信号是具有三角概率密度的随机或伪随机序列，其峰-峰值对应数字音频信号输入字长的两个最低有效位（±1LSB）。至少在上限频率的范围内，噪声的幅度应符合白噪声特性，即每单位带宽内能量应为常数。

- a) 底垫噪声信号可以用两个振幅为 1LSB, 均匀分布的随机或伪随机噪声分量相加得到。所用伪随机信号周期应该不小于所用电平表的测量时间间隔。这个伪随机信号应该由大于两项的一个最长多项式产生。可以通过多项式的多次移位, 在样本之间加入间隔来减少样本之间的相关性。当使用低通滤波器时, 应注意避免多项式产生明显的短期能量变化或明显的非对称概率分布。
- b) 在数字域中测量时, 比如测量 CD 机、录放音设备的放音部分以及数字模拟转换器, 测量信号应加入底垫噪声。在模拟域中测量时, 设备制造商保证被测设备的加入底垫噪声信号功能可以关闭, 使输出信号中不含有底垫噪声信号。如果出于研究目的, 则可以包含底垫噪声。
- c) 进行某些特殊测量时, 底垫噪声信号可以不加。例如, 在示波器上用斜坡信号观察位加权, 底垫噪声信号会干扰所观察的位的变化情况。
- d) 标准底垫噪声信号可由一个频谱密度随频率增加而增加的替代底垫噪声信号代替, 该替代信号应该具有三角概率密度, 并且其峰-峰值为被测设备数字音频输入信号的 2LSB ( $\pm 1$ LSB)。

使用非加权电平表测量时, 替代底垫噪声信号的振幅应与标准底垫噪声信号一致。由于音频信号的中频带能量较低, 而加权滤波器对高频有所衰减, 所以加权对测量有所改进。

这种替代信号可以通过两个振幅为 1LSB、均匀分布的随机或伪随机噪声分量相减得到。其中一个分量对于每个新输出值都应该是新的, 另一个新分量源自对先前底垫噪声信号样本的计算。对于连续测量来说, 所用伪随机信号的周期应该不小于所用电平表的测量时间间隔。如果这个伪随机信号由一个最大长度大于两项的多项式产生, 可以通过多项式的多次移位, 在样本之间加入间隔来减少样本之间的相关性。当使用低通滤波器时, 应注意避免使用任何技术产生明显的短期能量变化或明显的非对称概率分布。

### 4.3 测量仪器精度

除特殊说明外, 测量仪器精度应符合以下要求:

- a) 模拟音频信号发生器输出阻抗应小于等于  $50\ \Omega$ 。
- b) 测量仪器模拟音频信号输入阻抗应大于等于  $100000\ \Omega$ , 输入电容不超过  $500\text{pF}$ 。
- c) 测量仪器的精度应至少高于被测设备标称精度的三倍。
- d) 测量电压表 and 电平表均为有效值 (R. M. S.) 响应, 最低精度为  $0.25\text{dB}$  ( $997\text{Hz}$  处)。对于峰值因数小于等于 5 的信号, 这个精度仍然有效。用 R. M. S. 校准的均值或峰值表不被允许使用。如 c) 条目中要求的精度指标优于本条目, 则应优先采纳 c) 条目。
- e) 测量失真表均为 R. M. S. 响应设备, 最低精度为  $1.0\text{dB}$ 。这个精度对峰值因数为 5 以内的信号保持有效。用 R. M. S. 校准的均值或峰值表不被允许使用。
- f) 测量中, 总谐波失真加噪声 (THD+N) 失真分析仪应结合标准陷波滤波器使用。除非特殊要求, 高通或带通滤波器不应加入到测量通路中。同时此滤波器不仅要响应谐波成份, 也要响应噪声成份, 因为发生频率混叠的失真分量也会产生非谐波成份。
- g) 用于测量的  $1/3$  倍频程带通滤波器应符合 GB/T 3241-2010 规定的 0 级或 1 级响应限制。在偏离滤波器中心频率一个倍频程处应提供至少  $30\text{dB}$  衰减, 三个倍频程处提供  $60\text{dB}$  衰减。
- h) 用于测量的电平表最短积分时间应为  $25\text{ms}$ , 使被测量的转换器能有足够多的信号进行编码。而对于低频信号, 应增加电平表积分时间以保证至少一个完整周期的信号被测量。
- i) 用于测量的信号发生器最低应具有  $0.05\%$  的频率精度。此外, 频率应在所需测量范围内调整并满足精度要求。信号发生器应能够提供测量所需的各种频率间隔的频率信号。
- j) 如果测量使用了制造商标注的上限频率, 则本标准中所有的测量均应使用标注的上限频率。

注: 对于使用  $44.1\text{kHz}$  或  $48\text{kHz}$  采样频率的系统, 应具有  $20\text{kHz}$  的上限频率。该频率如果不是  $20\text{kHz}$ , 制造商应明确标注。

### 4.4 被测设备设置

除特殊说明外，被测设备应按如下要求进行设置：

- a) 被测设备的控制器应设置在正常操作的位置。对于所有测量，被测设备的开关和控制器应保持一致性。
- b) 如果被测设备具有预加重功能，应按照制造商的规定进行设置。该设置应在技术说明书中清楚注明。如果制造商没有给定设置，应关闭预加重功能。如果要求在其他设置下重复测量，该测量结果应作为附注清楚地标明，并附在前述按规定设置所得测量结果的后面。
- c) 如果被测设备有底垫噪声信号，应将其打开，并在测量结果中清楚注明。如果需要对关闭底垫噪声信号的设备进行测量，则应关闭底垫噪声信号，重复测量，所得的测量结果应作为附注清楚地标明，并附在加有底垫噪声信号的所获测量结果后面。
- d) 如果被测设备具有可选的信号幅度限制或压缩电路，应关闭。假如需要另外测量限制或压缩电路的效果，测量结论应单独报告。

#### 4.5 测量准备

在进行测量前，被测设备应按照正常操作方式连接，并按制造商规定的预热时间进行预热，以使设备稳定。如果制造商没有规定预热时间，则预热时间应定为5分钟。如果制造商明确说明可以不进行预热，则可按制造商的要求进行操作。

如果测量过程中设备供电受到干扰，应有足够时间使设备恢复到稳态。

#### 4.6 测量文档

测量报告中应重点描述本标准中描述的测量方法的测量结果。如果进行可选测量，可选测量不应该替代推荐测量，而应该作为推荐测量的补充。其目的是统一数据表示，以便同类设备的测量结果之间的比较。

在测量结果报告中应标明对被测设备性能有影响的所有设置。

注：为防止由于加入底垫噪声信号而导致信号削波，满度振幅应减去所加入底垫噪声信号的峰值。在16bit或更量化的数字系统中，用小于0.003%或0.0003dB的三角概率密度的底垫噪声信号进行调整，由此带来的误差是可以接受的。

### 5 输入特性测量

#### 5.1 混叠成份抑制

混叠成份抑制用频率为997Hz、电平为-20dB FS的正弦波信号测量，获得一输出参考信号电平。在折叠频率至4倍采样频率或192kHz（取其中较低的）的范围内对该信号进行扫描。对于采样频率未知的系统，通过输出的混叠成份频率来确定采样频率。

当测量设备为模拟音频信号输出时，采用标准低通滤波器对该信号进行滤波。如有必要，可以在低通滤波器之后级联一个陷波滤波器，其陷波频率为所用正弦波信号频率，用以抑制输入至输出的泄漏。剩余成份用R. M. S. 电平表进行测量，该数值与参考测量的幅度比值作为混叠成分抑制的结果（以dB表示）。数据应作为输入频率的函数，以分贝为单位作图。

当测量设备为数字音频信号输出时，用陷波滤波器对该信号进行滤波，陷波频率为所用测量信号频率。当信号频率超过折叠频率时，不必再使用陷波滤波器。通过对采样值计算得到剩余成份的R. M. S. 振幅，该数值与参考测量的幅度比值作为混叠成分抑制的结果（以分贝表示）。数据应作为输入频率的函数，以分贝为单位作图。

#### 5.2 过载



用高于满度电平3dB FS的997Hz正弦波信号来测量模拟音频信号输入到数字音频设备的过载特性。输出信号的非加权THD+N失真用陷波型失真表测量，单位为分贝。然后，再用-3dB FS的997Hz正弦波信号重复上述测量。两次失真测量的分贝差值即为过载失真值。为了检验过载对频率的依赖性，也可在其他频率点重复上述测量。

注：本测量是用来鉴定转换器不稳定的工作情况，通常称为翻滚。

### 5.3 满度振幅输入

本特性用于描述被测设备在正常设置下达到数字音频信号削波时需要的模拟音频信号电压。

在具有数字音频信号输出端的系统中，当频率为997Hz、电压为R. M. S. 的满度振幅正弦波信号加到输入端后，获得的数字音频信号的正峰值能够达到正的满度。

在没有数字音频信号输出端或数字音频信号输出端达不到数字满度电平（比如输入端有限幅器）的情况下，被测设备增益控制设置在正常操作位置，取在被测设备的输出端产生1%THD+N失真或0.3dB压缩（以先发生者为准）时最小的997Hz正弦波信号作为输入信号，满度输入电平将低于此输入电平0.5dB。

注：输入增益控制应设置在制造商标注的参考位置，如果没有标注，应将其设置在正常操作位置。被测设备的其他增益控制应调整到对被测设备输出电路的过载潜在影响最小的位置。

### 5.4 最大输入振幅

本特性描述的是正确操作条件下加到被测设备输入端的最大模拟音频信号。

不考虑增益设置，在被测设备输出端产生1%THD+N失真或0.3dB压缩（以先发生者为准）时，加在被测设备输入端的997Hz正弦波信号的最大电压即为最大输入振幅。

在具有数字音频信号输出端的系统中，不考虑增益设置，在数字音频信号输出端产生1%THD+N失真或0.3dB压缩（以先发生者为准）时，加在输入端正弦波信号的R. M. S. 电压即为最大输入振幅。

注：被测设备的增益控制应调整到对被测设备输出电路的过载潜在影响最小。

### 5.5 输入对数增益稳定性

用低于满度电平6dB的正弦波信号激励被测设备。被测设备经过加电预热后，立即用至少一个小时的时间测量其数字音频信号输出端电平。用输出电平高于或低于初始测量电平的最大变化值表示输入对数增益稳定性，单位为分贝。

如果被测设备不能在数字域测量，则使用模拟R. M. S. 电平表进行测量。由于在此情况下，输入对数增益稳定性无法与输出对数增益稳定性区分开来，所以结果应表达为系统增益稳定性。

### 5.6 数字音频信号输入格式

如果提供数字音频信号输入端，应说明所使用的格式。比如，如果使用GY/T 158-2000，应予以说明。

在没有截断字长的条件下，被测设备所能接受的最大数字音频信号输入字长应予以说明，此字长用来定义测量所使用的底垫噪声信号的电平。

### 5.7 抖动灵敏度

#### 5.7.1 概述

模拟音频信号输入、输出的特性受到参考输入信号和数字音频输入信号中存在的抖动潜在的影响。如果被测设备内部模/数转换器的采样时钟来自参考信号输入或数字音频输入信号，则在其输入端出现的抖动会对测试结果产生影响。

### 5.7.2 模拟到数字转换中的抖动灵敏度

模拟音频信号输入端输入电平为-3dB FS、频率为 $1/4f_s$ 的正弦信号。数字音频信号输入端输入一个相位随某一正弦抖动信号而抖动的信号，其抖动幅度应限制在被测设备接口所允许的高频抖动容限范围内，如果不知道此容限，采用40ns的值。抖动信号的频率从80Hz到20kHz按倍频程步进变化，输出端的THD+N应按抖动信号频率步进测量，并将结果作图。此测量也可以采用其他输入频率重复进行，但应采用 $1/192f_s$ 信号和997Hz信号重复上述测量。用 $1/192f_s$ 信号可以呈现低频信号的任何异常情况，而用997Hz信号可使数据编码所受干扰最大化。如果被测设备有参考输入端，测量也应该在将抖动加入参考输入端后重复进行。

### 5.7.3 数字到模拟转换中的抖动灵敏度

数字音频信号输入端输入电平为-3dB FS、频率为 $1/4f_s$ 的正弦波信号，其相位随某一正弦抖动信号抖动，其抖动幅度应限制在被测设备接口所允许的高频抖动容限范围内，如果不知道此容限，采用40ns的值。抖动信号的频率从80Hz至20kHz按倍频程步进变化，输出端的THD+N应按抖动信号频率步进测量，并将结果作图。此测量也可以采用其他输入频率重复进行，但应用 $1/192f_s$ 信号和997Hz信号重复上述测量。用 $1/192f_s$ 信号可呈现低频信号的任何异常情况，而用997Hz信号可使数据编码所受干扰最大化。如果被测设备有参考输入端，测量也应该在将抖动信号加入参考输入端后重复进行。

### 5.7.4 数字到数字转换中的抖动灵敏度

数字音频信号输入端输入电平为-3dB FS、频率为 $1/4f_s$ 的正弦波信号，其相位随某一正弦抖动信号抖动，其振幅应限制在被测设备接口所允许的高频抖动容限范围内。如果不知道此容限，采用40ns的值。这个抖动信号的频率从80Hz至20kHz按倍频程步进变化，数字音频信号输出端的THD+N应按抖动信号频率步进测量，并将结果作图。此测量也可以采用其他输入频率重复进行，但应用 $1/192f_s$ 信号和997Hz信号重复上述测量。用 $1/192f_s$ 信号可以呈现低频信号的任何异常情况，而用997Hz信号可使数据编码所受干扰最大化。如果被测设备有参考输入端，测量也应该在将抖动信号加入参考输入端后重复进行。

## 6 输出特性测量

### 6.1 频带外寄生成份

频带外寄生成份是在没有测量信号激励的情况下测量被测设备的模拟音频信号输出。测量高于被测设备上限频率的所有频谱成份电平与满度信号电平的比值，单位为满度分贝（dB FS）。测量频带外信号时用标准高通滤波器后接一个R. M. S. 电平表测量。这个成份电平应表示为与满度输出电平的比值，单位为满度分贝（dB FS）。

测量寄生成份的频谱并给出测量报告。这个分析报告提供了有用的诊断信息。此频谱也可与后接设备混叠成份的敏感性相结合，用来评估音频混叠成份电平。

### 6.2 对镜像成份的抑制

本特性测量有信号时所有频带外成份的抑制情况。测量方法与寄生成份的测量类似，只是加入了测量信号，并在被测设备输出端用陷波滤波器滤掉测量信号。

被测设备的输出信号调整为-20dB FS，测量信号频率范围取为10Hz至 $1/2$ 上限频率或10Hz至10kHz（取两者中的小者）。测量被测设备输出的所有高于上限频率成份的振幅，计算其与满度输出电平的比值，单位为满度分贝（dB FS）。

在被测设备输出端，用标准陷波滤波器滤掉测量信号。用4.2.2中定义的标准高通滤波器分离出频带外信号后，再以R. M. S. 电平表测量高通滤波器的输出。以R. M. S. 电平表测量值作为纵坐标，以频率作为横坐标作图。如果不以图表示结果，应说明最坏的情况。

注：这种测量，严格地说是寄生信号和镜像部分之和。为了分离这两种成份，唯一可行的办法是对上述两种测量做频谱分析，由此从镜像成份中去掉两者都有的部份。类似6.1中的寄生成份，应测量镜像成份的频谱并给出测量报告。

### 6.3 满度输出振幅

对于具有数字音频信号输入端的系统，增益控制设置在正常位置，满度输出振幅即为输出正弦波信号的正峰值达到正的数字满度的R. M. S. 电压。

对于没有数字信号音频输入端的系统，增益控制设置在正常位置，输入997Hz正弦波信号在被测设备输出端产生1%THD+N或0.3dB压缩(以先发生者为准)时前，输出电平达到最大，满度输出振幅应低于该最大输出电平0.5dB。

注：在进行本测量时，除了输出增益控制外的其他增益控制应调整到使被测设备的输入电路的过载潜在影响降至最小。

### 6.4 最大输出振幅

在具有数字音频信号输入端的系统中，增益控制设置在输出信号最大不失真处，也就是被测设备输出端产生1%THD+N或0.3dB压缩(以先发生者为准)时前，最大输出振幅即为输出正弦波信号的正峰值达到正的数字满度的R. M. S. 电压。

对于没有数字音频信号输入端的系统，最大输出振幅是指997Hz正弦波信号在被测设备输出端产生1% THD+N或0.3dB压缩(以先发生者为准)时前，所能获得的最大输出电平。

注：在进行测量时，除了输出增益控制外的其他增益控制应调整到使被测设备的输入电路的过载潜在影响降至最小。

### 6.5 输出电平稳定性

用-6dB FS的数字正弦波信号激励被测设备。被测设备经过预处理后，至少用一个小时的时间测量其输出电平。用输出电平高于或低于初始测量电平的最大变化电平表示输出电平稳定性，单位为满度分贝(dB FS)。

如果被测设备没有数字音频信号输入端，那么应该在模拟音频信号输入端用模拟音频信号发生器激励。由于在这种情况下，不能区分输入对数增益稳定性与输出电平稳定性，所以结论应报告为“系统电平稳定性”。

### 6.6 数字音频输出格式

如果提供数字音频信号输出，应说明输出的格式和有效字长。比如：如果输出遵照GY/T 158-2000，字长为20bit，应说明。如果输出字长可调，那么应说明测量所用字长。

## 7 线性响应测量

### 7.1 幅频特性

#### 7.1.1 概述

当被测设备中包括预加重滤波器，则应分别对预加重和非预加重两种情况进行测量。

### 7.1.2 频率响应

为了防止产生过载，在预加重系统中，被测设备的频率响应（以下简称频响）用电平为-20dB FS的正弦波信号进行测量。当出现明显的混叠和噪声成份时，被测设备的输出应通过一个工作在测量信号频率的带通滤波器，用一个电平表测量。所用带通滤波器的带宽应等于或小于标准带通滤波器的带宽。带通滤波器增益应足够稳定，其在测量中的变化可忽略。

注：滤波器的增益在测量频率范围内应是恒量。

频响以997Hz的幅值为基准用图示方式表示，单位为分贝。如果不能提供频响图示，技术参数应在指定的频率范围内的最大的幅值偏差。该频率范围应包括频率上限，比如：+xdB~-ydB从10Hz~z kHz，这里x和y代表电平偏差，z kHz应大于等于上限频率。

### 7.1.3 最大电平频响

用频率和振幅均可调的正弦波测量信号测量最大电平频响。用一个电平表和基于陷波滤波器的THD+N分析仪监测输出信号，分析仪包括一个标准低通滤波器，其截止频率是上限频率或20kHz之中的频率较低者。测量信号从10Hz扫描到截止频率。测量信号电平应在每个新频率处重新调整，以满足给定的输出条件。测量数据以图表示。如果测量信号采用步进扫描方式，每个倍频程都应包含数据点。

## 7.2 相频特性

### 7.2.1 相位响应

除特殊说明外，测量采用直接的方法比较被测设备输入、输出的相位响应，比如用伪随机序列或脉冲的快速傅立叶变换法，线性相位偏移量的单位为度（°）。当使用脉冲信号时，应对几次测量结果取平均值以获得所要求的测量精度。

然而，对于信号可以实时处理、输入输出端口可同时接测的被测设备，其相位响应的测量可以采用比较的方法，比如正弦波信号显示。在记录结论之前，应减去被测设备延迟导致的相位偏移。

### 7.2.2 群延迟

群延迟可通过对被测设备的相位响应计算得到。用快速傅立叶变换设备分析被测设备的输出波形，得到997Hz信号的相位 $\phi_R$ 和被测频率 $f$ 信号的相位 $\phi_C$ 。

997Hz信号的群延迟 $\tau_R$ 见式（1）。

$$\tau_R = -\frac{\phi_R}{360} \times \frac{1}{997} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\tau_R$ ——997Hz信号的群延迟，单位为秒（s）；

$\phi_R$ ——997Hz信号的相位，单位为度（°）。

被测信号的群延迟 $\tau_C$ 见式（2）。

$$\tau_C = -\frac{\phi_C}{360} \times \frac{1}{f} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$f$ ——被测频率，单位为赫兹（Hz）；

$\phi_c$ ——被测频率  $f$  信号的相位，单位为度（°）。

被测频率的群延迟  $\tau$  见式（3）。

$$\tau = \tau_C - \tau_R \dots \dots \dots (3)$$

群延迟的测量结果应以表格或图形表示，群延迟值按线性标度作为纵坐标，测量频率按对数标度作为横坐标。

### 7.2.3 通道间的相位响应

将一个正弦波信号加到被测设备的所有通道，并选其中一个通道作为参考通道，所有其他通道与参考通道的相位差记录成“度”并作为频率的函数。如果每个输出信号中谐波、非谐波和寄生成份的R. M. S. 之和没有超过测量信号振幅的1%，其他通道与参考通道的相位差可以通过两个输出正弦波信号过零点的差来计算。

将所有其他通道与参考通道的相位差以图表示。但如果需要，该图形亦可替换为从10Hz至频率上限范围内的最大相位差，比如： $+x^\circ \sim -y^\circ$  从10Hz至z kHz，这里x和y代表相位差，z kHz应大于等于上限频率。

注：当被测设备中包括预加重滤波器，则应分别对预加重和非预加重两种情况进行测量。

### 7.3 设备的延迟

有两种常规测量方法，第一种方法是向被测设备加一个脉冲测量信号，输入输出同时显示在时间已校准的示波器上，可直接读出延迟。也可以用时间间隔计数器取代示波器。第二种方法是采用随机或伪随机噪声信号作为激励，输入输出作交叉相关处理来获得延迟测量。在相关函数中与峰值相关的时间值作为被测设备的延迟。

应使用-20dB FS的信号来测量延迟。对于双通道的设备，因为一些设备对两个通道的信号进行交替采样，所以应对每个通道进行单独测量。而这个特性在通道间的相位测量时也能显示出来。

当在数字音频信号和模拟音频信号间进行延迟测量时，要说明数字音频信号计时的时基参考点。对于GY/T 158-2000，时基参考点应包含每个采样的帧信号的第一次转换。在一帧内，这个参数提供两个样值相同的时基参考。

如果可以使用独立的同步参考信号，那么又有一种定义的时基参考信号点的延迟测量方法，该点与数字音频信号具有定义的时基关系。数字音频同步信号与数字音频信号有着相近的共同时基，测量围绕最接近数字音频信号时基参考点的参考信号时基参考点进行。

### 7.4 极性

测量信号采用频率为997Hz，电平为-20dB FS的正弦波音频脉冲信号，应在正的过零位置进行开或关的选通。开脉冲为5个周期，关脉冲为20个周期。

极性可采用任何非对称信号进行测量。用示波器观察设备的输出信号或用某种自动的设备判断非对称信号的方向确定信号极性。

结论应记录为反相或不反相。

如果被测设备拥有模拟到数字和数字到模拟转换器，并且信号在数字域可以输入/输出，结论应分别说明。在不反相情况下，正的输入/输出电压与正的数字编码是一致的。在二进制补码表示中，正的数码是符号位为逻辑0的数字编码。

注：如果在被测设备中有多个输入/输出，一个输入作为参考输入，其余的输入/输出的极性表示为相对于参考输入的形式。

## 8 振幅的非线性测量

### 8.1 电平相关对数增益

本特性描述的是被测设备的对数增益随信号电平变化而改变，通常称为电平线性偏差。

测量信号采用频率为997Hz，电平为-5dB FS的正弦波信号。被测设备的输出通过一个中心频率为1kHz的1/3倍频程带通滤波器后再用电平表测量。输出振幅与输入振幅的比率作为被测设备的对数增益，单位为分贝。测量信号的电平以不大于5dB的间隔逐渐减小，直到通过中心频率为1kHz的1/3倍频程带通滤波器的输出电平与空闲通道的噪声电平差小于5dB，计算每步输出电平与输入电平的的对数增益。对于每步的对数增益绘制相对于输入电平的函数图。如果只记录单点测量结果，则应是所有对数增益测量值中与初始测量值偏差最大的偏差值。

如果对模拟转数字和数字转模拟的测量能分别进行，两者测量结果应单独记录。在数字域中，用数字音频信号发生器产生的正弦波测量信号进行测量时应按4.2.5中的要求加入底垫噪声信号。随着测量信号电平逐步减小，底垫噪声信号的振幅应保持不变。

当测量系统中出现大量的干扰噪声时，有必要采用比1/3倍频程滤波器更有效的方式限制测量带宽。如果测量信号的电平与被测电平相当时，噪声的影响将不成为问题。

### 8.2 互调

互调测量采用双音频测量信号，一个测量信号取为上限频率，另一个测量信号比前者低2kHz。两者的振幅比为1:1，信号峰值取等效于正弦波信号在满度电平时的峰值。输出信号应通过一个频谱分析仪或窄带通滤波器，以读取2次和3次差频分量。它们的R. M. S. 之和与输出电平之比即为互调，单位为分贝。

此外，互调测量也可用一对41Hz和7993Hz测量信号。高频率信号的振幅为低频率信号振幅的1/4。信号峰值取等效于正弦波信号在满度电平时的峰值。7993Hz的调制边带信号的电平与7993Hz信号的电平之比称为互调，单位为百分比或分贝。

### 8.3 信号调制噪声

本特性包含了振幅调制边带。

测量信号是频率为上限频率的0.4999倍的正弦波信号。振幅低于系统满度输入或满度输出电平5dB。对输出信号进行全波整流，并在50Hz至500Hz间用1/3倍频程带通滤波器和电平表测量。此电平与初始正弦波信号电平之比，称为信号调制噪声，并将结论绘制成图。

注：本测量可通过常用的互调失真分析仪和1/3倍频程频带分析仪共同完成。

### 8.4 低电平噪声调制

输入41Hz正弦波信号，使被测设备输出电平低于满度电平40dB。被测设备的输出信号通过41Hz陷波滤波器后，再通过1/3倍频程带通滤波器组，并用R. M. S. 电平表测量带通滤波器的输出。记录从200Hz至20kHz之间的每个1/3倍频程的电平。在200Hz至20kHz之间，如果单个带通滤波器的步进频率是标准的1/3倍频程中心频率，则可使用此带通滤波器。信号电平以10dB步进递减，直到被测设备的输出正弦波信号部分低于空闲通道噪声电平。记录下每个步进的1/3倍频程电平，为每个频率计算电平差。不考虑频率，将频谱上的最大电平差称为低电平噪声调制。如果有必要，也可以绘制相对于频率的最劣电平差的图。

### 8.5 总谐波失真加噪声

#### 8.5.1 概述

本特性描述的是被测设备的传输特性和动态非线性，反映的是设备状态的异常，但并不一定表示听觉特性。

THD+N是指输出噪声电平与失真电平之和与输出信号电平的比值（用百分比或分贝表示）。两者都应包括谐波、非谐波和噪声成份。

### 8.5.2 THD+N 相对于频率的特性

测量信号采用-1.0dB FS正弦波信号，用-20dB FS正弦波信号进行重复测量。出现在被测设备输出端的测量信号用标准陷波滤波器滤掉，剩余信号的频带带宽限制在上限频率和20kHz之间的低者。测量已滤波信号的电平，并计算其与未滤波信号电平的比值，即为THD+N，记录这个值。测量从20Hz至1/2上限频率按每倍频程步进重复测量。

### 8.5.3 THD+N 相对于电平的特性

测量采用997Hz正弦波信号，出现在被测设备输出端的测量信号用标准陷波滤波器滤掉，剩余信号的频带带宽限制在上限频率和20kHz之间的低者。测量已滤波信号的电平，并计算其与未滤波信号电平的比值，即为THD+N，记录这个值。测量从0dB FS至-80dB FS按不大于10dB的步进重复测量。

## 9 信噪比测量

### 9.1 空闲通道的噪声

本特性描述的是当无测量信号输入时，测量设备的加权噪声，也就是说，对于模拟音频信号相当于端接一个输入端接电阻，对于数字音频信号相当于输入数字零。

注：除特殊说明外，本标准中涉及到的输入端接电阻应用于平衡模拟输入端时应取值50Ω，应用于非平衡模拟输入端时应取值25Ω，应用于话筒信号输入端时应取值600Ω。

被测设备空闲通道的噪声先通过标准加权滤波器和指定边带频率的低通滤波器，然后再用电平表进行测量，称为空闲通道的噪声，电平单位为满度分贝（dB FS），记录为dB FS CCIR-R.M.S.。

注：当没有混叠成份时，可以不使用低通滤波器。

### 9.2 空闲通道的噪音频谱

空闲通道的噪音频谱用1/3倍频程滤波器组测量，记录从20Hz到20kHz间的每个1/3倍频程频段的电平。如果上限频率低于20kHz，测量应截止在低于上限频率的最高的中心频率。在20Hz到最大所需频率之间，如果单个带通滤波器的步进频率是标准的1/3倍频程中心频率，则可使用此带通滤波器。测量单位为满度分贝（dB FS）。

### 9.3 信号噪声比

本特性描述的是测量信号的满度电平与加权R.M.S.噪声和失真的比值，即为信号噪声比，单位为满度分贝（dB FS）。测量信号包括了谐波、非谐波和噪声成份。相当于测量有信号时的噪声。

用频率为997Hz正弦波测量信号馈入被测设备，使其输出端产生-60dB FS输出信号，再经过标准陷波滤波器滤掉所有997Hz信号成份，剩余的噪声信号用标准加权滤波器滤波测量噪声和失真电平，单位为满度分贝（dB FS），结果记录为dB FS CCIR-R.M.S.。测量时，频带高限为上限频率和20kHz之间的低者。

### 9.4 电源引起的干扰

本特性描述了由电源引起的被测设备噪声成份。

电源干扰主要影响噪声中的低频成份。

被测设备的高频开关电源干扰被归类为寄生成份。只有与电源输入相关的成份才被看作是电源干扰。

从其他噪声和寄生成份中分离出与电源有关的干扰，并记录。在电源信号频率处的干扰信号及其二到五次谐波的R. M. S. 总和称为电源干扰。

## 10 串音和分离度测量

### 10.1 通道间的串音和分离度

本特性描述了多通道被测设备中从一个通道到另一个通道的信号的线性泄漏。串音和分离度的测量方法是相同的，所以只描述串音。

测量模拟信号输入串音时，将测量信号加到被测设备的一个输入端，其它输入端端接一个输入端接电阻。

-20dB FS的正弦波信号加载到通道，用电平表测量此通道的输出。未加载信号通道的输出信号通过中心频率为输入信号频率的1/3倍频程滤波器后，再用电平表测量。未加载信号通道的输出信号振幅与加载信号通道的输出信号振幅之比，即为串音，单位为分贝。在10Hz到上限频率范围内对所感兴趣的频率进行测量。测量至少要在每个倍频程进行，并将结论绘制成图。

### 10.2 通道间的非线性串音

本特性描述了多通道的被测设备中信号非线性相互作用。此处“串音”这个术语表示不管各个通道中的信号是否相关。

进行高频非线性串音测量时，应在被测设备的所有输入端加入信号。测量通道加入一个电平为-20dB FS、频率为上限频率的正弦波信号。另一个正弦波信号发生器馈给其他所有通道，其电平高于满度电平3dB FS、频率低于测量通道信号频率3kHz。计算测量通道在3kHz处的二次差频成份的振幅与测量通道的测量信号振幅的比值，单位为分贝。计算在低于上限频率6kHz处的三次互调成份的振幅与测量通道的测量信号振幅的比值，单位为分贝。对被测设备的每个通道重复这项测量。对于每个通道，分别记录偶次及奇次非线性串音，或者记录偶次及奇次分量中的最差值。

在被测设备的所有输入端加入信号，进行低频非线性串音测量。测量通道加入一个电平为-20dB FS、频率为二分之一上限频率的正弦波信号。另一个正弦波发生器为被连接在一起其他工作通道提供信号，该信号为高于满度电平3dB FS的40Hz正弦波信号。计算测量通道的测量信号边带调制的R. M. S. 振幅与测量通道的测量信号振幅的比值，单位为分贝。对被测设备的每个通道重复这项测量。记录所有通道中的最差值。

### 10.3 输入到输出的泄漏

本特性描述了不需要的输入信号对被测设备输出的干扰。这项测量只关系到被测设备抑制无关输入信号的能力，例如，磁带录音机工作在放音模式。

通过在被测设备的所有输入端同时馈入一个满度正弦波信号来测量输入到输出的泄漏。将被测设备设置为输出信号数字零的模式。用1/3倍频程带通滤波器和电平表测量具有输入信号频率的输出信号振幅，单位为满度分贝（dB FS）。对被测设备的每个通道重复这项测量。输入信号的频率和滤波器以不超过一倍频程步进方式从10Hz到上限频率扫描。每个频率最差通道的测量值用图示表示。



参 考 文 献

- [1] GB/T 12060.3-2011 声音系统设备 第3部分：声频放大器测量方法
  - [2] GY/T 193-2003 数字音频系统同步
  - [3] IEC 61606 Audio and audiovisual equipment – Digital audio parts – Basic measurement methods of audio characteristics
  - [4] AES 17-1998 (r2009) AES standard method for digital audio engineering – Measurement of digital audio equipment
-

中 华 人 民 共 和 国  
广 播 电 影 电 视 行 业 标 准  
**数 字 音 频 设 备 音 频 特 性 测 量 方 法**  
GY/T 285—2014

\*

国家广播电影电视总局广播电视规划院出版发行

责任编辑：王佳梅

查询网址：[www.abp.gov.cn](http://www.abp.gov.cn)

北京复兴门外大街二号

联系电话：(010) 86093424 86092923

邮政编码：100866

**版权专有 不得翻印**