



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1727—2018

噪声表校准规范

Calibration Specification for Noise Meters

2018-12-25 发布

2019-03-25 实施

国家市场监督管理总局 发布

噪声表校准规范

Calibration Specification for Noise Meters

JJF 1727—2018

归口单位：全国声学计量技术委员会

起草单位：深圳市计量质量检测研究院

陕西师范大学应用声学研究所

湖南声仪测控科技有限公司

杭州爱华仪器有限公司

浙江省计量科学研究院

本规范委托全国声学计量技术委员会负责解释

本规范起草人：

张国庆（深圳市计量质量检测研究院）

吴胜举（陕西师范大学应用声学研究所）

刘湘衡（湖南声仪测控科技有限公司）

张绍栋（杭州爱华仪器有限公司）

姚 磊（浙江省计量科学研究所）

邹世鹏（深圳市计量质量检测研究院）

陈明亮（深圳市计量质量检测研究院）

目 录

引言	(Ⅲ)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和计量单位	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(2)
5.1 电压测量基本量程示值误差	(2)
5.2 电压测量区间测量上限的示值误差	(2)
5.3 以 1 V 为参考的 dB 刻度示值误差	(2)
5.4 以 1 mW 为参考的 dB 刻度示值误差	(2)
5.5 电压测量的频率响应特性	(2)
5.6 DIN/AUDIO 计权频率响应	(2)
5.7 DIN/NOISE 计权频率响应	(3)
5.8 IEC 计权频率响应	(4)
5.9 CCIR 计权频率响应	(5)
5.10 CCIR/ARM 计权频率响应	(6)
5.11 对单个猝发声的动态响应	(7)
5.12 对连续猝发声的动态响应	(7)
5.13 本底噪声	(8)
5.14 输出电压	(8)
5.15 输出电压的频率特性	(8)
5.16 通道串音衰减 (串扰抑制比)	(8)
5.17 通道分离度 (隔离度)	(8)
6 校准条件	(8)
6.1 环境条件	(8)
6.2 测量标准及其他设备	(8)
7 校准项目和校准方法	(9)
7.1 校准项目	(9)
7.2 校准方法	(9)
8 校准结果表达	(16)
8.1 校准记录	(16)
8.2 校准数值处理	(16)
8.3 校准证书	(17)
8.4 校准结果的测量不确定度	(17)
8.5 校准结果的符合性判定	(17)

9 复校时间间隔·····	(17)
附录 A 校准记录的内容和格式·····	(18)
附录 B 校准证书的内容和格式·····	(29)
附录 C 测量不确定度评定示例·····	(40)
附录 D ITU-R BS. 468-4: 1986 声播放系统中音频噪声电压级测量的附录 2·····	(44)
附录 E IEC 179 精密声级计的附录·····	(45)

引 言

本规范依据 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》的要求和格式编写，并按照 JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》的要求评定和表示测量不确定度。

本规范的主要校准项目及参数的规定值和误差限等技术要求，主要参考了以下国际标准和国外标准：德国标准 DIN 45405:1967《音响系统中的噪声级测量》(Noise level measurement in sound systems)、国际无线电咨询委员会标准 CCIR 468《广播、录音系统和声音节目电路中的音频噪声的测量》(Measurement of audio-frequency noise in broadcasting, in sound-recording systems and on sound programme circuits)、国际电信联盟标准 ITU-R BS. 468-4:1986《声播放系统中音频噪声电压级测量》(Measurement of audio-frequency noise voltage level in sound broadcasting) 及 IEC 61672-1:2013《电声学 声级计 第1部分：规范》(Electroacoustics—Sound level meters—Part 1: Specifications)。声频信号和噪声电压测量范围、示值误差、表盘各分贝刻度示值的误差、本底噪声和输出电压等项目的技术要求参考了噪声表主要制造者的产品使用说明书的规格和要求。

本规范为首次发布。

噪声表校准规范

1 范围

本规范适用于指针式单通道和双通道噪声表的校准。其他形式的噪声表校准可参照本规范。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1001—2011 通用计量术语及定义

JJF 1034—2005 声学计量名词术语及定义

JJF 1167—2007 杂音计校准规范

JJF 1200—2008 声频功率放大器校准规范

GB/T 3102.7 声学的量和单位

GB/T 3947—1996 声学名词术语

GB/T 6163—2011 调频广播接收机测量方法

IEC 61672-1:2013 电声学 声级计 第1部分：规范 (Electroacoustics—Sound level meters—Part 1: Specifications)

DIN 45405:1967 音响系统中的噪声级测量 (Noise level measurement in sound systems)

ITU-R BS. 468-4:1986 声播放系统中音频噪声电压级测量 (Measurement of audio-frequency noise voltage level in sound broadcasting)

CCIR 468 广播、录音系统和声音节目电路中的音频噪声的测量 (Measurement of audio-frequency noise in broadcasting, in sound-recording systems and on sound programme circuits)

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语和计量单位

JJF 1001、GB/T 3947 和 JJF 1034 中界定的术语和定义适用于本规范。

本规范采用 GB/T 3102.7 中规定的量和单位。

4 概述

噪声表是用于测定电声领域各种录音/播音、音响等产品及设备音频信号和音频噪声信号的测量仪器，常用的有单通道和双通道两种。表盘既有电压刻度指示，也有以 1 V 为参考和以 1 mW 为参考的相对电压和功率电压刻度的分贝指示。内置 WIDE BAND 宽带和 DIN/AUDIO、DIN/NOISE、IEC、CCIR、CCIR/ARM 五种频率计权电

路（听感补偿滤波器）和 Q-PEAK、RMS、AVER 三种检波方式，还可用于信噪比和杜比噪声测量。综合其功能，涵盖了所有类型录音播放和声设备的噪声电平测量。

5 计量特性

5.1 电压测量基本量程示值误差

在参考频率 1 kHz、测量区间为 (0~1) V 和 (0~3) V 的基本量程时，对正弦信号电压测量的示值误差用引用误差给出时，采用有效值和准峰值检波一般不超过±5%；采用平均值检波一般不超过±3%。

5.2 电压测量区间测量上限的示值误差

在参考频率 1 kHz、交流电压 30 μV 至 10 V 各测量区间的上限，对正弦信号电压测量的示值误差用引用误差给出时，采用有效值和准峰值检波一般不超过±5%；采用平均值检波一般不超过±3%。

5.3 以 1 V 为参考的 dB 刻度示值误差

在参考频率 1 kHz，以 1 V 为 0 dB 参考的示值误差在 0 dB~-5 dB 区间一般不超过±0.15 dB；在-6 dB~-10 dB 区间一般不超过±0.2 dB；在-11 dB~-20 dB 区间一般不超过±0.3 dB。

5.4 以 1 mW 为参考的 dB 刻度示值误差

在参考频率 1 kHz，以 1 mW (0.775 V、600 Ω) 为 0 dB 参考的示值误差在 2 dB~-5 dB 区间一般不超过±0.2 dB；在-6 dB~-10 dB 区间一般不超过±0.3 dB；在-11 dB~-20 dB 区间一般不超过±0.5 dB。

5.5 电压测量的频率响应特性

5.5.1 采用有效值和准峰值检波方式，频率范围为 10 Hz~50 kHz 时一般不超过±10%。

5.5.2 采用平均值检波方式，频率范围为 20 Hz~200 kHz 时一般不超过±5%，频率范围为 10 Hz~500 kHz 时一般不超过±7%。

5.6 DIN/AUDIO 计权频率响应

在准峰值检波方式下的 DIN/AUDIO 频率计权及其误差限一般如表 1 所示，其计权频率响应的上限和下限图见附录 D。

表 1 DIN/AUDIO 计权频率响应及误差限

信号频率/Hz	频率响应/dB	误差限/dB
10	-5.0	-13.5, -∞
15	-2.0	-6.0, -∞
20	-0.8	-2.0, -∞
22.4	0.0	+0.5, -6.0
30	0.0	+0.5, -6.0
31.5	0.0	±0.5

表 1 (续)

信号频率/Hz	频率响应/dB	误差限/dB
63	0.0	±0.5
100	0.0	±0.5
200	0.0	±0.5
400	0.0	±0.5
800	0.0	±0.5
1 000	0.0	±0.5
2 000	0.0	±0.5
3 150	0.0	±0.5
4 000	0.0	±0.5
5 000	0.0	±0.5
6 300	0.0	±0.5
7 100	0.0	±0.5
8 000	0.0	±0.5
10 000	0.0	±0.5
12 500	0.0	±0.5
14 000	0.0	±0.5
16 000	0.0	±0.5
20 000	-0.5	+0.5, -6.0
22 400	-1.3	+0.5, -6.0
25 000	-2.8	-3.0, -∞
30 000	-7.5	-6.0, -∞
40 000	-23.0	-15.0, -∞
50 000	-39.5	-19.0, -∞

5.7 DIN/NOISE 计权频率响应

DIN/NOISE 计权频率响应及其误差限一般如表 2 所示, 其值由 DIN 45405 或制造者在产品使用说明书给出。

表 2 DIN/NOISE 计权频率响应及误差限

信号频率/Hz	频率响应/dB	误差限/dB
20	<-40.0	—
31.5	-38.0	±1.5

表 2 (续)

信号频率/Hz	频率响应/dB	误差限/dB
63	-31.6	±1.5
100	-26.1	±1.5
200	-17.3	±1.5
400	-8.8	±1.5
800	-1.9	±1.5
1 000	0.0	±0.5
2 000	+5.3	±1.5
4 000	+8.2	±1.5
5 000	+8.4	±0.5
6 300	+8.0	±1.5
7 100	+7.1	±1.5
8 000	+5.1	±2.0
10 000	-9.7	+3.0, -2.0
16 000	<-21	—
20 000	<-23	—
31 500	<-30	—

5.8 IEC 计权频率响应

IEC 计权频率响应及其误差限一般如表 3 所示, 其值由 IEC 61672-1 给出。

表 3 IEC 计权频率响应及误差限

信号频率/Hz	频率响应/dB	误差限/dB
10	-70.4	+3.0, -∞
12.5	-63.4	+2.5, -∞
16	-56.7	+2.0, -4.0
20	-50.5	±2.0
25	-44.7	+2.0, -1.5
31.5	-39.4	±1.5
40	-34.6	±1.0
50	-30.2	±1.0
63	-26.2	±1.0
80	-22.5	±1.0

表 3 (续)

信号频率/Hz	频率响应/dB	误差限/dB
100	-19.1	±1.0
125	-16.1	±1.0
160	-13.4	±1.0
200	-10.9	±1.0
400	-4.8	±1.0
800	-0.8	±1.0
1 600	+1.0	±0.7
3 150	+1.2	±1.0
6 300	-0.1	±1.0
12 500	-4.2	+1.5, -2.0
16 000	-6.6	+2.0, -5.0
20 000	-9.3	+3.0, -∞

注：标注 IEC 179、IEC 179A、DIN 45633、JIS C1502A、JIS C5551A、NAB、IHF-A-202 标准的可参见附录 E。

5.9 CCIR 计权频率响应

CCIR 计权频率响应及其误差限一般如表 4 所示，其值由 ITU-R BS.468-4 表 1 给出。

表 4 CCIR 计权频率响应及误差限

信号频率/Hz	频率响应/dB	误差限/dB
31.5	-29.9	±2.0
63	-23.9	±1.4
100	-19.8	±1.0
200	-13.80	±0.85
400	-7.8	±0.7
800	-1.90	±0.55
1 000	0.0	±0.5
2 000	+5.6	±0.5
3 150	+9.0	±0.5
4 000	+10.5	±0.5
5 000	+11.7	±0.5
6 300	+12.2	0.0

表 4 (续)

信号频率/Hz	频率响应/dB	误差限/dB
7 100	+12.0	±0.2
8 000	+11.4	±0.4
9 000	+10.1	±0.6
10 000	+8.1	±0.8
12 500	0.0	±1.2
14 000	-5.3	±1.4
16 000	-11.7	±1.6
20 000	-22.2	±2.0
31 500	-42.7	+2.8, -∞

注：信号频率为 200 Hz 和 800 Hz 的误差限在满足需要时建议分别修约为 ±0.8 dB 和 ±0.6 dB，对应的频率响应同时修约至 0.1 dB。

5.10 CCIR/ARM 计权频率响应

CCIR/ARM 计权频率响应及其误差限一般如表 5 所示，其值由 ITU-R BS.468-4 表 1 给出值叠加 ARM 检波衰减得到。

表 5 CCIR/ARM 计权频率响应及误差限

信号频率/Hz	频率响应/dB	误差限/dB
31.5	-35.5	±2.0
63	-29.5	±1.4
100	-25.4	±1.0
200	-19.40	±0.85
400	-13.4	±0.7
800	-7.50	±0.55
1 000	-5.6	±0.5
2 000	0.0	±0.5
3 150	+3.4	±0.5
4 000	+4.9	±0.5
5 000	+6.1	±0.5
6 300	+6.6	0.0
8 000	+5.8	±0.4
9 000	+4.5	±0.6
10 000	+2.5	±0.8

表 5 (续)

信号频率/Hz	频率响应/dB	误差限/dB
12 500	-5.6	±1.2
14 000	-10.9	±1.4
16 000	-17.30	±1.65
20 000	-27.8	±2.0
31 500	-42.7	+2.8, -∞

注：信号频率为 200 Hz、800 Hz 和 1600 Hz 的误差限在满足需要时建议分别修约为 ±0.8 dB、±0.6 dB 和 ±1.6 dB，对应的频率响应同时修约至 0.1 dB。

5.11 对单个猝发声的动态响应

噪声表对单个猝发声的动态响应及误差限一般如表 6 所示，其值由 ITU-R BS.468-4 表 2 给出。

表 6 对单个猝发声的动态响应及误差限

单个猝发声持续时间/ms	相对于连续正弦信号幅值衰减的计算值/dB	误差限/dB
1	-15.4	±2.0
2	-11.5	±1.5
5	-8.0	+1.4, -1.3
10	-6.4	+1.2, -1.3
20	-5.7	+1.3, -1.4
50	-4.6	±1.4
100	-3.3	+1.1, -1.4
200	-1.9	+1.2, -1.4

注：推荐选用猝发声持续时间 ≥ 5 ms。

5.12 对连续猝发声的动态响应

噪声表对连续猝发声的动态响应及误差限一般如表 7 所示，其值由 ITU-R BS.468-4 表 3 给出。

表 7 对连续猝发声的动态响应及误差限

每秒猝发声个数	相对于连续正弦信号幅值衰减的计算值/dB	误差限/dB
2	-6.4	±0.9
10	-2.3	±0.6
100	-0.25	±0.25

注：每秒猝发声个数 100 的相对于连续正弦信号幅值衰减的计算值建议在满足需要时修约为 -0.2 dB、误差限修约为 ±0.2 dB。

5.13 本底噪声

以 1 V 电压为参考，噪声表的本底噪声一般如表 8 所示或在制造者产品使用说明书给出的范围。

表 8 本底噪声的限值

计权方式	检波方式	限值
WIDE BAND	RMS	≤ -100 dB
DIN/AUDIO	Q-PEAK	≤ -110 dB
DIN/NOISE	Q-PEAK	≤ -115 dB
IEC	RMS	≤ -120 dB
CCIR	Q-PEAK	≤ -110 dB
CCIR/ARM	AVER	≤ -120 dB

5.14 输出电压

噪声表表盘满刻度指示时交/直流输出端电压幅值一般均为 1 V，误差限由制造者在产品使用说明书给出。

5.15 输出电压的频率特性

在校准频率范围内 10 Hz~50 kHz，交/直流输出电压以 1 kHz 为参考的频率特性优于 $\pm 10\%$ ；在校准频率范围内 20 Hz~20 kHz，交/直流输出电压以 1 kHz 为参考的频率特性优于 $\pm 5\%$ 。

5.16 通道串音衰减（串扰抑制比）

对于双通道噪声表，其通道串音衰减一般优于 80 dB。

5.17 通道分离度（隔离度）

对于双通道噪声表，其通道隔离度一般优于 80 dB。

注：本章中所有技术要求不是用于合格性判定，仅供使用参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

噪声表应在以下环境条件下校准：

——空气温度： $(23\pm 5)^\circ\text{C}$ 。

——相对湿度： $\leq 85\%$ 。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 交/直流数字电压表

在使用频率范围，交流电压测量的最大允许误差应优于 $\pm 1\%$ ；直流电压测量的最大允许误差应优于 $\pm 0.5\%$ 。

6.2.2 声频信号发生器

在使用频率范围，频率误差优于 $\pm 0.25\%$ ；输出电压范围应满足校准要求；以 1 kHz 为参考的幅频特性应优于 ± 0.2 dB；总失真应小于 0.5%；校准期间的幅值稳定度应优

于±0.02 dB。

6.2.3 猝发声信号发生器

频率范围优于 800 Hz~5 kHz，重复频率范围为 (0.1~100) Hz，持续时间为 0.5 ms~2 s，猝发声持续时间和周期的误差优于±1%，校准期间的幅值稳定度应优于±0.1 dB。

6.2.4 无感电阻

600 Ω 电阻，电阻值误差优于±1%。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

噪声表的校准项目见表 9。

表 9 噪声表校准项目一览表

序号	项目名称	计量特性的条号	校准方法的条号
1	校准前检查	7.2.1.1~7.2.1.5	7.2.1.6
2	电压测量基本量程示值误差	5.1	7.2.2
3	电压测量区间测量上限的示值误差	5.2	7.2.3
4	以 1 V 为参考的 dB 刻度示值误差	5.3	7.2.4
5	以 1 mW 为参考的 dB 刻度示值误差	5.4	7.2.5
6	电压测量的频率响应特性	5.5	7.2.6
7	DIN/AUDIO 计权频率响应	5.6	7.2.7
8	DIN/NOISE 计权频率响应	5.7	7.2.8
9	IEC 计权频率响应	5.8	7.2.9
10	CCIR 计权频率响应	5.9	7.2.10
11	CCIR/ARM 计权频率响应	5.10	7.2.11
12	对单个猝发声的动态响应	5.11	7.2.12
13	对连续猝发声的动态响应	5.12	7.2.13
14	本底噪声	5.13	7.2.14
15	输出电压	5.14	7.2.15
16	输出电压的频率特性	5.15	7.2.16
17	通道串音衰减 (串扰抑制比)	5.16	7.2.17
18	通道分离度 (隔离度)	5.17	7.2.18

7.2 校准方法

7.2.1 校准前检查

7.2.1.1 噪声表的名称、型号等铭牌或标识应完整。输入/输出连接端等的文字、符号

应标识完整、清晰。

7.2.1.2 噪声表各部位应无影响正常工作的机械损伤，连线、接头稳固、可靠，没有松动、接触不良现象。

7.2.1.3 噪声表各开关、按键等控制器件应定位准确、触控有效，辅助设备安装良好。

7.2.1.4 噪声表表头无松动，表盘刻度清晰，指针无弯曲变形，与零刻度位（简称“零位”）重合。双通道的两指针应重合在零位。

7.2.1.5 接入交流工作电源前应先检查仪器后面板工作电源电压选择器的设置是否与外部电源电压及频率一致。电源电压应在所选择的标称范围内，一般不超过标称值的±10%，或参见说明书要求。

7.2.1.6 通过目视、手动操作或简单测试，噪声表应符合 7.2.1.1~7.2.1.5 的要求。指针与零位有偏移的，应先调节指针的机械零位，重合后再进行后续的校准。

7.2.2 电压测量基本量程示值误差

7.2.2.1 电压测量基本量程示值误差的校准如图 1 所示。

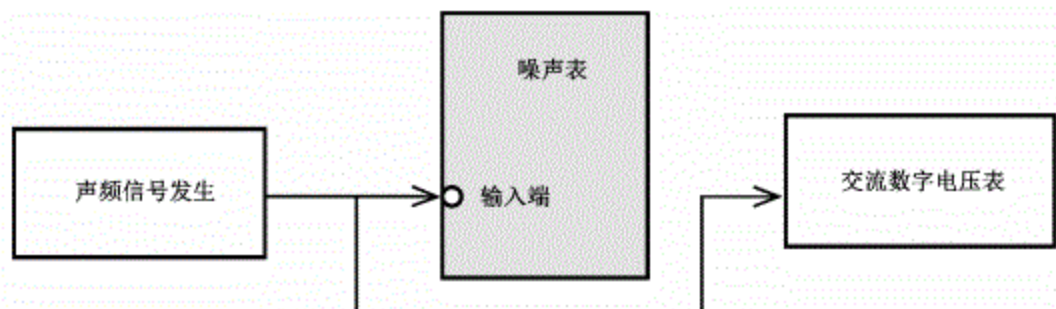


图 1 电压测量基本量程示值误差校准示意图

7.2.2.2 被校噪声表按产品使用说明要求接通电源并完成预热后，电压测量范围分别置于 1 V 和 3 V 两个基本量程，计权方式置于“WIDE BAND”，音频信号发生器频率置于 1 kHz，检波方式分别置于“RMS”、“Q-PEAK”和“AVER”，调节音频信号发生器输出电压幅度使指针与表盘主刻度完全重合，记录交流数字电压表对应示值。1 V 基本量程表盘主刻度校准点为 0.1 V、0.2 V、0.3 V、0.4 V、0.5 V、0.6 V、0.7 V、0.8 V、0.9 V、1.0 V，3 V 基本量程表盘主刻度校准点为 0.5 V、1.0 V、1.5 V、2.0 V、2.5 V、3.0 V。按公式 (1) 计算电压测量基本量程各校准点的示值误差 δ_{NBi} 。

$$\delta_{NBi} = \frac{u_{Bi} - u_{BDi}}{u_{Bup_i}} \quad (1)$$

式中：

δ_{NBi} ——噪声表电压测量基本量程的示值误差，%；

u_{Bi} ——噪声表电压测量基本量程的主刻度示值，V；

u_{BDi} ——交流数字电压表对应各主刻度示值的电压测量示值，V；

u_{Bup_i} ——噪声表电压测量基本量程的测量区间上限标称值，V。

7.2.3 电压测量区间测量上限的示值误差

7.2.3.1 电压测量区间测量上限的示值误差的校准如图 1 所示。

7.2.3.2 信号参考频率 1 kHz，计权方式置于“WIDE BAND”，选“RMS”检波方

式，调节电压测量范围分别至除基本量程以外的各个量程，信号电压调至表头指针与各满刻完全重合，记录交流数字电压表示值，按公式（2）计算电压测量区间测量上限的示值误差。需校准的电压测量区间及校准点见表 10。

$$\delta_{N_{upi}} = \frac{u_{upi} - u_{upoi}}{u_{upNi}} \quad (2)$$

式中：

$\delta_{N_{upi}}$ ——各电压测量区间测量上限的示值误差，%；

u_{upi} ——噪声表各电压测量区间上限的示值，V；

u_{upoi} ——交流数字电压表对应各测量区间上限的示值，V；

u_{upNi} ——各电压测量区间上限的标称值，V。

表 10 需校准的电压测量区间及上限值

频率 Hz	测量区间	噪声表各电压测量区间上限的标称值 u_{upNi}
1 000	(0~30) μV	30 μV
	(0~100) μV	100 μV
	(0~300) μV	300 μV
	(0~1) mV	1 mV
	(0~3) mV	3 mV
	(0~10) mV	10 mV
	(0~30) mV	30 mV
	(0~100) mV	100 mV
	(0~300) mV	300 mV
	(0~10) V	10 V

7.2.4 以 1 V 为参考的 dB 刻度示值误差

7.2.4.1 以 1 V 为参考的 dB 刻度示值误差的校准如图 1 所示。

7.2.4.2 信号参考频率 1 kHz，计权方式置于“WIDE BAND”，选“RMS”检波方式，调节信号输出电压使交流数字电压表的示值为 1.00 V，设为 0 dB 参考。调节信号输出电压使表盘指针与 1 V 为参考各分贝指示主要刻度完全重合，分别记录交流数字电压表的分贝示值，校准选点参见表 11。按公式（3）计算 1 V 为参考的分贝刻度示值误差。

$$\Delta_{dBVi} = L_{dBVi} - L_{dBVo_i} \quad (3)$$

式中：

Δ_{dBVi} ——1 V 为参考的分贝刻度示值误差，dB；

L_{dBVi} ——噪声表 1 V 为参考的分贝刻度示值，dB；

L_{dBVo_i} ——交流数字电压表 1 V 为参考的分贝示值，dB。

表 11 以 1 V 为参考的分贝刻度示值误差校准点(频率 1 kHz)

量程/dB	分贝刻度示值 L_{dBV_i} /dB	量程/dB	分贝刻度示值 L_{dBV_i} /dB
20	0.0	20	-8.0
	-0.5		-9.0
	-1.0		-10.0
	-2.0		-11.0
	-3.0		-12.0
	-4.0		-13.0
	-5.0		-14.0
	-6.0		-15.0
	-7.0		-20.0

7.2.5 以 1 mW 为参考的 dB 刻度示值误差

7.2.5.1 以 1 mW 为参考的 dB 刻度示值误差的校准如图 1 所示。

7.2.5.2 信号参考频率 1 kHz, 计权方式置于“WIDE BAND”, 检波选“RMS”方式, 选择信号发生器输出电阻为 600 Ω , 调节信号电压至交流数字电压表显示 0.775 V (1 mW 时的电压值), 设交流数字电压表为 0 dB 参考。调节信号电压使表盘指针与 1 mW 为参考各分贝指示主要刻度完全重合, 分别记录数字电压表的分贝读数, 校准点选择参见表 12。按公式 (4) 计算 1 mW 为参考的各分贝刻度示值误差。

$$\Delta_{dBmi} = L_{dBmi} - L_{dBmoi} \quad (4)$$

式中:

 Δ_{dBmi} ——1 mW 为参考的分贝刻度示值误差, dB; L_{dBmi} ——噪声表 1 mW 为参考的分贝刻度示值, dB; L_{dBmoi} ——交流数字电压表 1 mW 为参考的分贝示值, dB。

表 12 以 1 mW 为参考的分贝刻度示值误差校准点 (频率 1 kHz)

负载电阻/ Ω	参考电压/V	以 1 mW 为参考的分贝刻度示值误差校准点/dB	以 1 mW 为参考的分贝刻度示值误差校准点/dB
600	0.775	2.0	-6.0
		1.5	-7.0
		1.0	-8.0
		0.5	-9.0
		0.0	-10.0
		-0.5	-11.0
		-1.0	-12.0
		-2.0	-13.0
		-3.0	-14.0
		-4.0	-15.0
		-5.0	-20.0

注：

- 1 声频信号发生器无 600 Ω 输出电阻可选时，外接 600 Ω 负载电阻在信号输出端。
- 2 若外接负载电阻不可调、阻值的偏差导致输出功率偏离 1 mW 时，可调整输出电压，使输出功率为 1 mW 参考值。

7.2.6 电压测量的频率响应特性

7.2.6.1 电压测量的频率响应特性的校准如图 1 所示。

7.2.6.2 噪声表选择在 (0~1) V 测量区间，计权方式置于“WIDE BAND”，检波选“RMS”方式，在参考频率 1 kHz 调节声频信号发生器输出电压幅度使指针与表盘 0 dB 重合，并设交流数字电压表为 0 dB。改变输出信号频率，保持噪声表始终指示在 0 dB，记录交流数字电压表的分贝读数值，直接得到“RMS”方式电压测量的频率响应特性。

“Q-PEAK”和“AVER”检波方式电压测量的频率响应特性，只需改变检波方式，按上述相同方法校准。

“RMS”和“Q-PEAK”检波方式电压测量的频率响应特性校准的频率范围参见 5.5.1；“AVER”检波方式电压测量的频率响应特性校准的频率范围参见 5.5.2。

注：建议“RMS”和“Q-PEAK”检波方式在大于或等于 100 μ V 量程时校准；

“AVER”检波方式在大于或等于 300 μ V 量程时校准。

7.2.7 DIN/AUDIO 计权频率响应

7.2.7.1 DIN/AUDIO 计权频率响应的校准如图 1 所示。

7.2.7.2 噪声表置于基本量程，检波方式置于“Q-PEAK”，以 1 kHz 为参考，调节信号幅度使表头指针与功率电压指示的 0 dB 刻度重合，按表 1 选择信号频率，幅值保持不变，记录各频率时在表头分贝刻度指示的频率响应值。

7.2.8 DIN/NOISE 计权频率响应

7.2.8.1 DIN/NOISE 计权频率响应的校准如图 1 所示。

7.2.8.2 噪声表置于基本量程，检波方式置于“Q-PEAK”，以 1 kHz 为参考，调节信号幅度使表头指针与功率电压指示的 0 dB 刻度重合，按表 2 选择信号频率，幅值保持不变，记录各频率时在表头分贝刻度指示的频率响应值。

7.2.9 IEC 计权频率响应

7.2.9.1 IEC 计权频率响应的校准如图 1 所示。

7.2.9.2 噪声表置于基本量程，检波方式置于“RMS”，以 1 kHz 为参考，调节信号幅度使表头指针与功率电压指示的 0 dB 刻度重合，按表 3 选择信号频率，幅值保持不变，记录各频率时在表头分贝刻度指示的频率响应值。

7.2.10 CCIR 计权频率响应

7.2.10.1 CCIR 计权频率响应的校准如图 1 所示。

7.2.10.2 噪声表置于基本量程，检波方式置于“Q-PEAK”，以 1 kHz 为参考，调节信号幅度使表头指针与功率电压指示的 0 dB 刻度重合，按表 4 选择信号频率，幅值保持不变，记录各频率时在表头分贝刻度指示的频率响应值。

7.2.11 CCIR/ARM 计权频率响应

7.2.11.1 CCIR/ARM 计权频率响应的校准如图 1 所示。

7.2.11.2 噪声表置于基本量程，检波方式置于“AVER”，以 2 kHz 为参考，调节信号幅度使表头指针与功率电压指示的 0 dB 刻度重合，按表 5 选择信号频率，幅值保持

不变，记录各频率时在表头分贝刻度指示的频率响应值。

7.2.12 对单个猝发声的动态响应

7.2.12.1 对单个猝发声的动态响应的校准如图 2 所示。

7.2.12.2 噪声表置于 1 V 基本量程、“Q-PEAK”检波方式，计权方式置于“WIDE BAND”，接入声频信号发生器，正弦信号频率置为 5 kHz，调节信号幅度，使表头指针与以 1 mW 为参考的功率电压 0 dB 刻度重合，记录此时声频信号发生器的电压幅值。然后接入猝发声信号发生器。设置猝发声音频信号频率为 5 kHz，调节猝发声信号发生器的输出电压幅值等于声频信号发生器的电压幅值，单个猝发声持续时间按表 6 设置，记录噪声表相对于 0 dB 的衰减值。既可以利用表的分贝刻度或加上量程改变直接读取幅值衰减的分贝值；也可以通过调节输出信号衰减/增益使指针回到 0 dB 参考点，由信号源所补偿的分贝值得到。

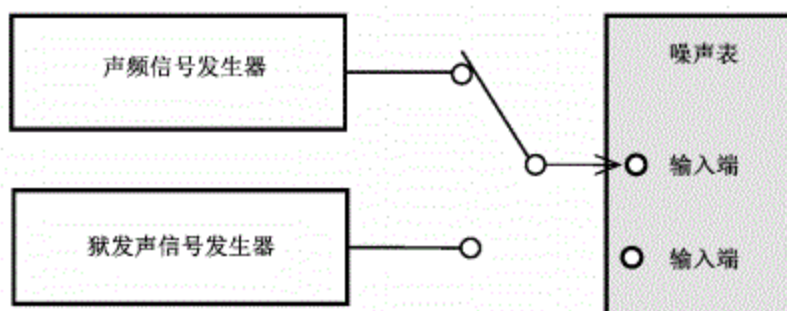


图 2 对单个猝发声信号的动态响应校准示意图

7.2.13 对连续猝发声的动态响应

7.2.13.1 对连续猝发声的动态响应的校准如图 2 所示。

7.2.13.2 噪声表置于 1 V 基本量程、“Q-PEAK”检波方式，接入声频信号发生器，正弦信号频率置为 5 kHz，调节信号幅度，使表头指针与以 1 mW 为参考的功率电压 0 dB 刻度重合，记录下此时声频信号发生器的电压幅值。然后接入猝发声信号发生器，猝发声音频信号频率为 5 kHz，调节猝发声信号发生器的输出电压幅值等于声频信号发生器的电压幅值。连续的猝发声每秒个数按表 7 设置，记录噪声表相对于 0 dB 的衰减值。既可以利用表的分贝刻度或加上量程改变直接读取幅值衰减的分贝值；也可以通过调节信号衰减/增益使指针回到 0 dB 参考点，由信号源所补偿的分贝值得到。

7.2.14 本底噪声

7.2.14.1 本底噪声的校准参见图 3。

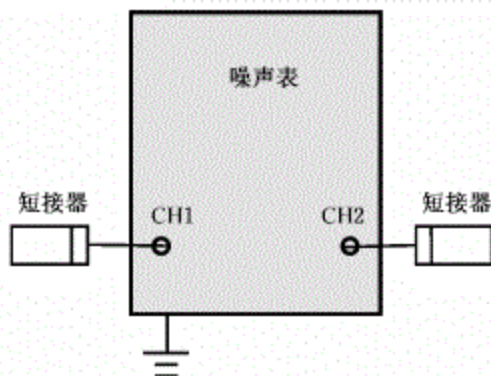


图 3 本底噪声校准示意图

7.2.14.2 将噪声表与声频信号发生器和交流数字电压表断开，将噪声表信号各输入端短接（信号输入端与机壳地连接），如 BNC 短接器。将噪声表置于最灵敏挡，分别按表 8 的要求记录本底噪声相对于 1 V 电压的分贝值。

7.2.15 输出电压

7.2.15.1 输出电压的校准如图 4 所示。

7.2.15.2 噪声表置于 1 V 或 3 V 基本量程，非加权“WIDE BAND”方式，检波置于“RMS”方式。声频信号发生器正弦信号频率置 1 kHz，调节信号幅值，使表盘指针与满刻度重合。分别记录交/直流信号输出端的交流电压和直流电压测得值。

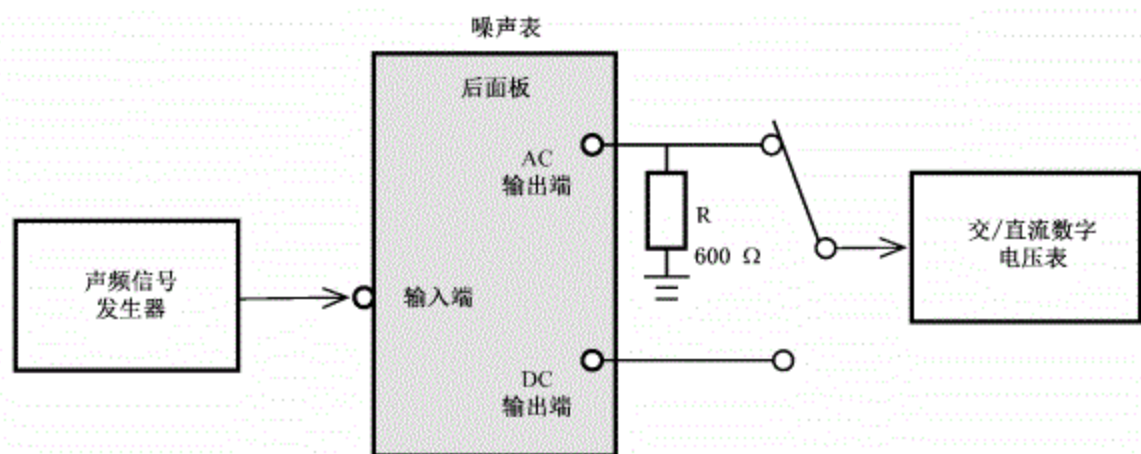


图 4 输出电压校准的示意图

7.2.16 输出电压的频率特性

7.2.16.1 输出电压的频率特性的校准如图 5 所示。

7.2.16.2 噪声表置于 1 V 或 3 V 基本量程、“WIDE BAND”非加权宽带及“RMS”检波方式。声频信号发生器正弦信号频率置 1 kHz，调节信号幅值，使表盘指针与满刻度重合。将数字交流电压表置于 0 dB 参考，调节输出信号频率并始终保持表盘指示于满刻度，分别在交流输出端和直流输出端记录对应频率下的数字电压表测得分贝值。

注：对于具有双通道的噪声表，7.2.2~7.2.16 可分通道 1、通道 2 分别完成并记录校准结果。

7.2.17 通道串音衰减（串扰抑制比）

7.2.17.1 通道串音衰减（串扰抑制比）的校准如图 5 所示。

7.2.17.2 对于双通道的噪声表，电压测量置于 1 V 基本量程、“WIDE BAND”非加权宽带及“RMS”检波方式。声频信号发生器正弦信号频率置于 1 kHz。连接到噪声表 CH1 输入端，调节信号幅度使噪声表 CH1 的表盘指针与以 1 V 为参考的分贝刻度指示 0 dB 重合 ($U_{1-1}=0.0$ dB)。将噪声表 CH2 的输入端短接，调节 CH2 量程选择旋钮开关，在表盘上读出信号电压的分贝值 (U_{1-2})，($U_{1-1}-U_{1-2}$) 即为通道 1 对通道 2 的串音衰减 C_{1-2} 。

反之，将 1 kHz 正弦信号接入 CH2 输入端，指示为 0 dB 时 ($U_{2-2}=0.0$ dB)，将 CH1 输入端短接，调节 CH1 量程选择旋钮开关，在表盘上读出信号电压的分贝值 (U_{2-1})，($U_{2-2}-U_{2-1}$) 即为通道 2 对通道 1 的串音衰减 C_{2-1} 。

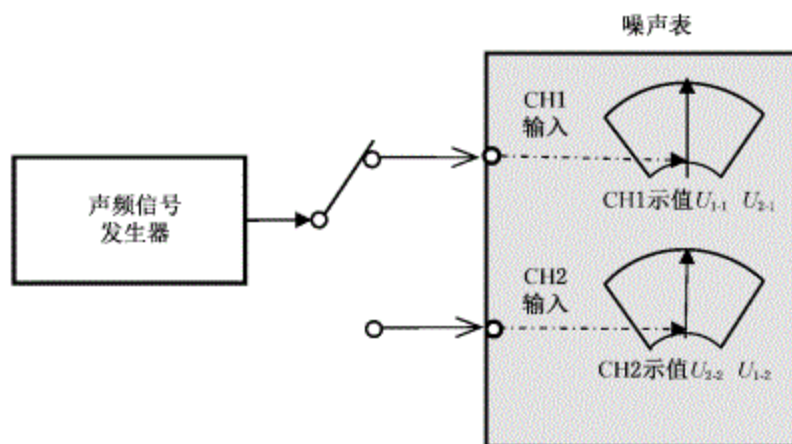


图5 通道串音衰减/通道分离度校准的示意图

7.2.18 通道分离度

7.2.18.1 通道分离度的校准如图5所示。

7.2.18.2 对于双通道的噪声表，电压测量置于1 V基本量程、“WIDE BAND”非加权宽带及“RMS”检波方式。音频信号发生器正弦信号频率置于1 kHz。连接到噪声表CH1输入端，调节信号幅度使噪声表CH1的表盘指针与以1 V为参考的分贝刻度指示0 dB重合 ($U_{1,1}=0.0$ dB)。将正弦信号由CH1转接到CH2，噪声表CH1的输入端短接，调节CH1量程选择旋钮开关，在表盘上读出信号电压的分贝值 ($U_{2,1}$)，($U_{1,1}-U_{2,1}$)即为通道1对通道2的分离度 $S_{2,1}$ 。

反之，将1 kHz正弦信号接入CH2输入端，指示为0 dB时 ($U_{2,2}=0.0$ dB)将正弦信号转接到CH1输入端，CH2输入端短接，调节CH2量程选择旋钮开关，在表盘上读出信号电压的分贝值 ($U_{1,2}$)，($U_{2,2}-U_{1,2}$)即为通道2对通道1的分离度 $S_{1,2}$ 。

8 校准结果表达

8.1 校准记录

校准记录应尽可能及时详尽记载被校对象、委托校准信息、校准的技术依据、溯源性及有效性说明或标识注识、校准操作及核验人员、校准环境及测量标准和设备等测量条件、校准地点、日期、记录(流水)编号、测量数值和计算修正/修约等处理结果、校准结果的测量不确定度描述等表征校准结果及出具校准证书或报告所需的全部数值和相关信息。

推荐的校准记录的内容和格式见附录A。

8.2 校准数值处理

所有的数值应先计算，后修约，出具校准数值按如下方法修约。

- 电压量程基本量程示值误差保留两位有效数字；
- 电压测量区间测量上限的示值误差保留两位有效数字；
- 以1 V为参考的dB刻度示值误差修约至0.1 dB；
- 以1 mW为参考的dB刻度示值误差修约至0.1 dB；
- 电压测量的频率响应特性修约至0.1 dB；

- f) DIN AUDIO 计权频率响应修约至 0.1 dB;
- g) DIN NOISE 计权频率响应修约至 0.1 dB;
- h) IEC 计权频率响应修约至 0.1 dB;
- i) CCIR 计权频率响应修约至 0.1 dB, 修约至 0.05 dB 的见表 4;
- j) CCIR/ARM 计权频率响应修约至 0.1 dB, 修约至 0.05 dB 的见表 5;
- k) 对单个猝发声的动态响应修约至 0.1 dB;
- l) 对连续猝发声的动态响应修约至 0.1 dB, 修约至 0.05 dB 的见表 7;
- m) 本底噪声修约至 0.1 dB;
- n) 输出电压保留三位有效数字;
- o) 输出电压的频率特性修约至 0.1 dB;
- p) 通道串音衰减 (串扰抑制比) 修约至 0.1 dB;
- q) 通道分离度 (隔离度) 修约至 0.1 dB。

8.3 校准证书

经校准的噪声表应出具校准证书。校准证书应包括的信息及推荐的校准证书的内容及校准证书内页的格式见附录 B。

8.4 校准结果的测量不确定度

8.4.1 噪声表校准结果的不确定度应按 JJF 1059.1—2012 的要求评定, 不确定度评定的示例见附录 C。

8.4.2 噪声表校准的技术依据或相关的标准、规范若给出了各校准项目的最大允许扩展测量不确定度时, 在实际校准噪声表时各校准项目的扩展测量不确定度不宜超过给出的最大允许扩展测量不确定度数值或量值。

8.5 校准结果的符合性判定

校准证书不应对校准结果给出是否符合法定要求的合格与不合格判定。但受委托方的委托可给出单项或全部校准结果是否符合已发布的技术文件 (如标准、规程/规范等)、产品说明书、企业或行业制定的技术文件要求, 以及校准委托书的具体委托要求。

9 复校时间间隔

噪声表的复校时间间隔建议一般为 1 年。由于时间间隔的长短取决于仪器的性能和使用情况, 如使用、运输和存放的环境条件、使用频率及维护保养情况、测量的对象、使用者、仪器本身的质量、可靠性、稳定性以及使用部位的重要性和准确性等具体要求诸多因素, 因此, 使用单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

校准记录的内容和格式

记录编号_____共 页 第 页									
噪声表校准记录									
委托方: _____					校准日期: ____年__月__日				
制造者: _____					产品型号: _____ 出厂编号: _____				
一、校准前检查:									
外观及标识: _____									
输入/输出连接端口: _____									
开关按键等控制器件: _____									
表头表盘与指针、机械零位: _____									
供电电源与工作电源电压选择器: _____									
二、电压测量基本量程示值误差(频率 1 000 Hz)									
量程 V	被校电压 示值 u_{NB}/V	数字电压表电压示值 u_{NB}/V			误差 $\delta_{NB}/\%$			误差限/ $\%$	
		RMS	Q-PEAK	AVER	RMS	Q-PEAK	AVER	RMS Q-PEAK	AVER
1	0.10	1							
	0.20								
	0.30								
	0.40								
	0.50								
	0.60								
	0.70								
	0.80								
	0.90								
	1.00								
3	0.50								
	1.00								
	1.50								
	2.00								
	2.50								
	3.00								

三、电压测量区间测量上限的示值误差

频率 Hz	检波 方式	测量区间	上限示值 u_{up}/V	交流数字电压表电 压示值 u_{apw}/V	误差 $\delta_{\text{Nap}}/\%$	误差限/%
1 000		(0~30) μV				
		(0~100) μV				
		(0~300) μV				
		(0~1) mV				
		(0~3) mV				
		(0~10) mV				
		(0~30) mV				
		(0~100) mV				
		(0~300) mV				
		(0~10) V				

四、以 1 V 为参考的 dB 刻度示值误差

频率 Hz	检波 方式	噪声表分贝刻度示值 L_{dBV}/dB	数字交流电压表分贝 示值 $L_{\text{dBV}_0}/\text{dB}$	误差 $\Delta_{\text{dBV}}/\text{dB}$	误差限/dB
1 000		0.0			
		-0.5			
		-1.0			
		-2.0			
		-3.0			
		-4.0			
		-5.0			
		-6.0			
		-7.0			
		-8.0			
		-9.0			
		-10.0			
		-11.0			
		-12.0			
		-13.0			
		-14.0			
		-15.0			
-20.0					

五、以 1 mW 为参考的 dB 刻度示值误差

频率 Hz	检波 方式	噪声表分贝刻度示值 L_{dBmi}/dB	数字电压表分贝示值 L_{dBmi}/dB	误差 Δ_{dBmi}/dB	误差限/dB
1 000		2.0			
		1.5			
		1.0			
		0.5			
		0.0			
		-0.5			
		-1.0			
		-2.0			
		-3.0			
		-4.0			
		-5.0			
		-6.0			
		-7.0			
		-8.0			
		-9.0			
		-10.0			
		-11.0			
-12.0					
-13.0					
-14.0					
-15.0					
-20.0					

六、电压测量的频率响应特性

频率 /Hz	数字电压表 分贝示值/dB	噪声表分贝示值/dB			频率响应/dB			误差限 /dB
		RMS	PEAK	AVER	RMS	PEAK	AVER	
10								
20								
50								

频率 Hz	数字电压表 分贝示值/dB	噪声表分贝示值/dB			频率响应/dB			误差限 dB
		RMS	Q-PEAK	AVER	RMS	Q-PEAK	AVER	
100								
300								
500								
800								
1 000								
5 000								
10 000								
15 000								
20 000								
50 000								
100 000								
200 000								

七、DIN/AUDIO 加权频率响应

信号频率/Hz	频率响应规定值/dB	频率响应测得值/dB	误差限/dB
10	-5.0		-13.5, $-\infty$
14	-2.4		-6.0, $-\infty$
20	-0.8		-2.0, $-\infty$
22.4	-0.5		+0.5, -6.0
30	0.0		+0.5, -6.0
31.5	0.0		± 0.5
63	0.0		± 0.5
100	0.0		± 0.5
200	0.0		± 0.5
400	0.0		± 0.5
800	0.0		± 0.5
1 000	0.0		± 0.5
2 000	0.0		± 0.5
3 150	0.0		± 0.5
4 000	0.0		± 0.5

信号频率/Hz	频率响应规定值/dB	频率响应测得值/dB	误差限/dB
5 000	0.0		±0.5
6 300	0.0		±0.5
7 100	0.0		±0.5
8 000	0.0		±0.5
10 000	0.0		±0.5
12 500	0.0		±0.5
14 000	0.0		±0.5
16 000	0.0		±0.5
20 000	-0.5		+0.5, -6.0
22 400	-1.3		+0.5, -6.0
25 000	-2.8		-3.0, -∞
30 000	-7.5		-6.0, -∞
40 000	-23.0		-15.0, -∞
50 000	-39.5		-19.0, -∞

八、DIN/NOISE 计权频率响应

信号频率/Hz	频率响应规定值/dB	频率响应测得值/dB	误差限/dB
20	-40.0		—
31.5	-38.0		±1.5
63	-31.6		±1.5
100	-26.1		±1.5
200	-17.3		±1.5
400	-8.8		±1.5
800	-1.9		±1.5
1 000	0.0		±0.5
2 000	+5.3		±1.5
4 000	+8.2		±1.5
5 000	+8.4		±0.5
6 300	+8.0		±1.5
8 000	+5.1		±2.0
16 000	-21		—
20 000	-23		—
31 500	-30		—

九、IEC 加权频率响应

信号频率/Hz	频率响应规定值/dB	频率响应测得值/dB	误差限/dB
10	-70.4		+3.0, -∞
12.5	-63.4		+2.5, -∞
16	-56.7		+2.0, -4.0
20	-50.5		±2.0
25	-44.7		+2.0, -1.5
31.5	-39.4		±1.5
40	-34.6		±1.0
50	-30.2		±1.0
63	-26.2		±1.0
80	-22.5		±1.0
100	-19.1		±1.0
125	-16.1		±1.0
160	-13.4		±1.0
200	-10.9		±1.0
400	-4.8		±1.0
800	-0.8		±1.0
1 000	0.0		±0.7
1 600	+1.0		±1.0
3 150	+1.2		±1.0
6 300	-0.1		+1.5, -2.0
12 500	-4.2		+2.0, -5.0
16 000	-6.6		+2.5, -16

十、CCIR 加权频率响应

信号频率/Hz	频率响应规定值/dB	频率响应测得值/dB	误差限/dB
31.5	-29.9		±2.0
63	-23.9		±1.4
100	-19.8		±1.0
200	-13.8		±0.85
400	-7.8		±0.7

信号频率/Hz	频率响应规定值/dB	频率响应测得值/dB	误差限/dB
800	-1.9		±0.55
1 000	0.0		±0.5
2 000	+5.6		±0.5
3 150	+9.0		±0.5
4 000	+10.5		±0.5
5 000	+11.7		±0.5
6 300	+12.2		0.0
7 100	+12.0		±0.2
8 000	+11.4		±0.4
9 000	+10.1		±0.6
10 000	+8.1		±0.8
12 500	0.0		±1.2
14 000	-5.3		±1.4
16 000	-11.7		±1.6
20 000	-22.2		±2.0
31 500	-42.7		+2.8, -∞

十一、CCIR/ARM 计权频率响应

信号频率/Hz	频率响应规定值/dB	频率响应测得值/dB	误差限/dB
31.5	-35.5		±2.0
63	-29.5		±1.4
100	-25.4		±1.0
200	-19.4		±0.85
400	-13.4		±0.7
800	-7.5		±0.55
1 000	-5.6		±0.5
2 000	0.0		±0.5
3 150	+3.4		±0.5
4 000	+4.9		±0.5
5 000	+6.1		±0.5
6 300	+6.6		0.0

信号频率/Hz	频率响应规定值/dB	频率响应测得值/dB	误差限/dB
8 000	+5.8		±0.4
9 000	+4.5		±0.6
10 000	+2.5		±0.8
12 500	-5.6		±1.2
16 000	-17.3		±1.65
20 000	-27.8		±2.0
31 500	-48.3		+2.8, -∞

十二、对单个猝发声的动态响应

猝发声信号 频率/Hz	单个猝发声 持续时间/ms	相对于连续正弦信号 幅值衰减的计算值/dB	幅值衰减 测得值/dB	误差限/dB
5 000	1	-15.4		±2.0
	2	-11.5		±1.5
	5	-8.0		+1.4, -1.3
	10	-6.4		+1.2, -1.3
	20	-5.7		+1.3, -1.4
	50	-4.6		±1.4
	100	-3.3		+1.1, -1.4
	200	-1.9		+1.2, -1.4

一般选用猝发声持续时间 ≥ 5 ms。

十三、对连续猝发声的动态响应

猝发声信号 频率/Hz	每秒猝发声个数	相对于连续正弦信号 幅值衰减的计算值/dB	幅值衰减 测得值/dB	误差限/dB
5 000	2	-6.4		±0.9
	10	-2.3		±0.6
	100	-0.25		±0.25

十四、本底噪声

参考电压	计权方式	检波方式	本底噪声/dB		限值
			CH1	CH2	
1 V	WIDE BAND	RMS			≤ -100 dB
	DIN/AUDIO	Q-PEAK			≤ -110 dB
	DIN/NOISE	Q-PEAK			≤ -115 dB
	IEC	RMS			≤ -120 dB
	CCIR	Q-PEAK			≤ -110 dB
	CCIR/ARM	AVER			≤ -120 dB

十五、输出电压(指示满刻度时)

交流输出:

量程/V	交流输出电压/V	误差/%	误差限/%

直流输出:

量程/V	直流输出电压/V	误差/%	误差限/%

十六、输出电压的频率特性(指示满刻度时)

交流输出:

频率/Hz	数字电压表分贝示值/dB	误差限/dB
10		
20		
50		
100		
300		
500		
800		

频 率/Hz	数字电压表分贝示值/dB	误差限/dB
1 000	0.0 (REF)	0.0 (REF)
5 000		
10 000		
15 000		
20 000		
50 000		
100 000		
200 000		

直流输出:

频 率/Hz	数字电压表分贝示值/dB	误差限/dB
10		
20		
50		
100		
300		
500		
800		
1 000	0.0 (REF)	0.0 (REF)
5 000		
10 000		
15 000		
20 000		
50 000		
100 000		
200 000		

十七、通道串音衰减(串扰抑制比)

通道 1:

频率 Hz	量程 V	CH1 输入时 CH1 的示值 U_{1-1}/dB	CH1 输入时 CH2 的示值 U_{1-2}/dB	CH1 对 CH2 的通道 串音衰减 C_{1-2}/dB

通道 2:

频率 Hz	量程 V	CH2 输入时 CH2 的示值 U_{2-2}/dB	CH2 输入时 CH1 的示值 U_{2-1}/dB	CH2 对 CH1 的通道 串音衰减 C_{2-1}/dB

十八、通道分离度(隔离度)

通道 1:

频率 Hz	量程 V	CH1 输入时 CH1 的示值 U_{1-1}/dB	CH2 输入时 CH1 的示值 U_{2-1}/dB	CH1 对 CH2 的通道 分离度 S_{2-1}/dB

通道 2:

频率 Hz	量程 V	CH2 输入时 CH2 的示值 U_{2-2}/dB	CH1 输入时 CH2 的示值 U_{1-2}/dB	CH2 对 CH1 的通道 分离度 S_{1-2}/dB

校准技术依据: JJF 1727—2018 噪声表校准规范

校准使用的计量(基)标准装置名称、溯源性及有效性说明:

校准结果测量不确定度的描述:

校准的环境条件:

空气温度: _____ $^{\circ}\text{C}$; 相对湿度: _____%。

校准员: _____ 核验员: _____

附录 B

校准证书的内容和格式

B.1 噪声表的校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题，如“校准证书”；
- b) 实验室的名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接受日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离说明；
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制校准证书的声明。

B.2 推荐的噪声表校准证书的内页格式。

证书编号××××××—××××				第×页 共×页	
校准机构授权说明					
校准的技术依据 JJF 1727—2018 噪声表校准规范					
校准环境条件及地点					
空气温度	℃	相对湿度	%	静压	kPa
地点			其他		
校准使用的计量（基）标准装置					
名称	测量范围	不确定度 /准确度等级 /最大允许误差	计量（基）标准考 核证书编号	有效期至	
校准使用的标准器					
名称	测量范围	不确定度 /准确度等级 /最大允许误差	检定/校准证书 编号	有效期至	
附加说明					
委托日期：_____					
校准地点：_____					
环境条件：_____					
符合性及限制使用说明：_____					

证书编号××××××—××××

第×页 共×页

校准结果

一、校准前检查

外观及标识：

端口连接：

开关及控制：

表头、零位及其他：

二、电压测量基本量程示值误差

量程/V	被校电压示值 u_{Ni}/V	数字电压表电压示值 u_{DVi}/V			误差 $\delta_{Ni}/\%$		
		RMS	Q-PEAK	AVER	RMS	Q-PEAK	AVER
1	0.1						
	0.2						
	0.3						
	0.4						
	0.5						
	0.6						
	0.7						
	0.8						
	0.9						
	1.0						
3	0.5						
	1.0						
	1.5						
	2.0						
	2.5						
	3.0						

三、电压测量区间测量上限的示值误差

测量区间	噪声表上限示值 u_{Npi}/V	交流数字电压表 电压示值 u_{Dpi}/V	误差 $\delta_{Npi}/\%$
(0~10) μV			
(0~30) μV			
(0~100) μV			
(0~300) μV			

测量区间	噪声表上限示值 u_{up}/V	交流数字电压表 电压示值 u_{up}/V	误差 $\delta_{N_{\text{up}}}/\%$
(0~1) mV			
(0~3) mV			
(0~10) mV			
(0~30) mV			
(0~100) mV			
(0~300) mV			
(0~10) V			
(0~30) V			
(0~100) V			
(0~300) V			

四、以 1 V 为参考的 dB 刻度示值误差

分贝刻度示值 $L_{\text{dBV}_i}/\text{dB}$	数字电压表分贝示值 $L_{\text{dBV}_0}/\text{dB}$	误差 $\Delta_{\text{dBV}_i}/\text{dB}$
0.0		
-0.5		
-1.0		
-2.0		
-3.0		
-4.0		
-5.0		
-6.0		
-7.0		
-8.0		
-9.0		
-10.0		
-11.0		
-12.0		
-13.0		
-14.0		
-15.0		
-20.0		

五、以 1 mW 为参考的 dB 刻度示值误差

噪声表分贝刻度示值 L_{dBmi}/dB	数字电压表分贝示值 L_{dBmvi}/dB	误差 Δ_{dBmi}/dB
2.0		
1.5		
1.0		
0.5		
0.0		
-0.5		
-1.0		
-2.0		
-3.0		
-4.0		
-5.0		
-6.0		
-7.0		
-8.0		
-9.0		
-10.0		
-11.0		
-12.0		
-13.0		
-14.0		
-15.0		
-20.0		

六、电压测量的频率响应特性

频率/Hz	数字电压表分贝示值/dB	噪声表分贝示值/dB			频率响应/dB		
		RMS	Q-PEAK	AVER	RMS	Q-PEAK	AVER
10							
20							
50							
100							
300							

频率/Hz	数字电压表分贝示值/dB	噪声表分贝示值/dB			频率响应/dB		
		RMS	Q-PEAK	AVER	RMS	Q-PEAK	AVER
500							
800							
1 000							
5 000							
10 000							
15 000							
20 000							
50 000							
100 000							
200 000							

七、DIN AUDIO 计权频率响应

信号频率/Hz	频率响应规定值/dB	频率响应测得值/dB	误差限/dB
10	-5.0		-13.5, $-\infty$
14	-2.4		-6.0, $-\infty$
20	-0.8		-2.0, $-\infty$
22.4	-0.5		+0.5, -6.0
30	0.0		+0.5, -6.0
31.5	0.0		± 0.5
63	0.0		± 0.5
100	0.0		± 0.5
200	0.0		± 0.5
400	0.0		± 0.5
800	0.0		± 0.5
1 000	0.0		± 0.5
2 000	0.0		± 0.5
3 150	0.0		± 0.5
4 000	0.0		± 0.5
5 000	0.0		± 0.5
6 300	0.0		± 0.5
7 100	0.0		± 0.5

信号频率/Hz	频率响应规定值/dB	频率响应测得值/dB	误差限/dB
8 000	0.0		±0.5
10 000	0.0		±0.5
12 500	0.0		±0.5
14 000	0.0		±0.5
16 000	0.0		±0.5
20 000	-0.5		+0.5, -6.0
22 400	-1.3		+0.5, -6.0
25 000	-2.8		-3.0, -∞
30 000	-7.5		-6.0, -∞
40 000	-23.0		-15.0, -∞
50 000	-39.5		-19.0, -∞

八、DIN NOISE 计权频率响应

信号频率/Hz	频率响应规定值/dB	频率响应测得值/dB	误差限/dB
20	-40.0		—
31.5	-38.0		±1.5
63	-31.6		±1.5
100	-26.1		±1.5
200	-17.3		±1.5
400	-8.8		±1.5
800	-1.9		±1.5
1 000	0.0		±0.5
2 000	+5.3		±1.5
4 000	+8.2		±1.5
5 000	+8.4		±0.5
6 300	+8.0		±1.5
8 000	+5.1		±2.0
16 000	-21		—
20 000	-23		—
31 500	-30		—

九、IEC 加权频率响应

信号频率/Hz	频率响应规定值/dB	频率响应测得值/dB	误差限/dB
10	-70.4		+3.0, -∞
12.5	-63.4		+2.5, -∞
16	-56.7		+2.0, -4.0
20	-50.5		±2.0
25	-44.7		+2.0, -1.5
31.5	-39.4		±1.5
40	-34.6		±1.0
50	-30.2		±1.0
63	-26.2		±1.0
80	-22.5		±1.0
100	-19.1		±1.0
125	-16.1		±1.0
160	-13.4		±1.0
200	-10.9		±1.0
400	-4.8		±1.0
800	-0.8		±1.0
1 000	0.0		±0.7
1 600	+1.0		±1.0
3 150	+1.2		±1.0
6 300	-0.1		+1.5, -2.0
12 500	-4.2		+2.0, -5.0
16 000	-6.6		+2.5, -16

十、CCIR 加权频率响应

信号频率/Hz	频率响应规定值/dB	频率响应测得值/dB	误差限/dB
31.5	-29.9		±2.0
63	-23.9		±1.4
100	-19.8		±1.0
200	-13.8		±0.85
400	-7.8		±0.7
800	-1.9		±0.55

信号频率/Hz	频率响应规定值/dB	频率响应测得值/dB	误差限/dB
1 000	0.0		±0.5
2 000	+5.6		±0.5
3 150	+9.0		±0.5
4 000	+10.5		±0.5
5 000	+11.7		±0.5
6 300	+12.2		0.0
7 100	+12.0		±0.2
8 000	+11.4		±0.4
9 000	+10.4		±0.6
10 000	+8.1		±0.8
12 500	0.0		±1.2
14 000	-5.3		±1.4
16 000	-11.7		±1.6
20 000	-22.2		±2.0
31 500	-42.7		+2.8, -∞

十一、CCIR/ARM 计权频率响应

信号频率/Hz	频率响应规定值/dB	频率响应测得值/dB	误差限/dB
31.5	-35.5		±2.0
63	-29.5		±1.4
100	-25.4		±1.0
200	-19.4		±0.85
400	-13.4		±0.7
800	-7.5		±0.55
1 000	-5.6		±0.5
2 000	0.0		±0.5
3 150	+3.4		±0.5
4 000	+4.9		±0.5
5 000	+6.1		±0.5
6 300	+6.6		0.0
7 100	+6.4		±0.2
8 000	+5.8		±0.4

信号频率/Hz	频率响应规定值/dB	频率响应测得值/dB	误差限/dB
9 000	+4.5		±0.6
10 000	+2.5		±0.8
12 500	-5.6		±1.2
16 000	-17.3		±1.65
20 000	-27.8		±2.0
31 500	-48.3		+2.8, -∞

十二、对单个猝发声的动态响应

单个猝发声 持续时间/ms	相对于连续正弦信号 幅值衰减的计算值/dB	幅值衰减测得值/dB	误差限/dB
1	-15.4		±2.0
2	-11.5		±1.5
5	-8.0		+1.4, -1.3
10	-6.4		+1.2, -1.3
20	-5.7		+1.3, -1.4
50	-4.6		±1.4
100	-3.3		+1.1, -1.4
200	-1.9		+1.2, -1.4

十三、对连续猝发声的动态响应

每秒猝发声个数	相对于连续正弦信号 幅值衰减的计算值/dB	幅值衰减测得值/dB	误差限/dB
2	-6.4		±0.9
10	-2.3		±0.6
100	-0.25		±0.25

十四、本底噪声

计权方式	检波方式	本底噪声/dB (以 1 V 为参考)	限值
WIDE BAND	RMS		≤ -100 dB
DIN/AUDIO	Q-PEAK		≤ -110 dB
DIN/NOISE	Q-PEAK		≤ -115 dB
IEC	RMS		≤ -120 dB
CCIR	Q-PEAK		≤ -110 dB
CCIR/ARM	AVER		≤ -120 dB

十五、输出电压（指示满刻度时）

交流输出：

量 程/V	交流输出电压/V	误 差/%	误差限/%

直流输出：

量 程/V	直流输出电压/V	误 差/%	误差限/%

十六、输出电压的频率特性

频率/Hz	交流输出数字电压表分贝示值/dB	直流输出数字电压表分贝示值/dB
10		
20		
50		
100		
300		
500		
800		
1 000	0.0 (REF)	0.0 (REF)
5 000		
10 000		
15 000		
20 000		
50 000		
100 000		
200 000		

十七、通道串音衰减(串扰抑制比)

通道 1 对通道 2 的串音衰减 C_{1-2} _____ dB通道 2 对通道 1 的串音衰减 C_{2-1} _____ dB

十八、通道分离度(隔离度)

通道 1 对通道 2 的分离度 S_{2-1} _____ dB通道 2 对通道 1 的分离度 S_{1-2} _____ dB

校准结果测量不确定度的描述：

电压测量基本量程的示值误差的扩展不确定度： $U_{rel} =$

校准员：

核验员：

附录 C

测量不确定度评定示例

C.1 引言

噪声表是测量声频电信号和声频噪声信号的仪表，虽然可选择部分计权功能，对电压幅值在不同频率按规定要求进行衰减和放大补偿，本质还是在声频范围内测量信号电压的仪表，所以电压测量基本量程示值误差是其最主要和最基本的计量特性。因此，本附录选取电压测量基本量程示值误差作为不确定度评定的示例。

C.2 电压测量基本量程示值误差

C.2.1 测量模型

按 7.2.2 给出的方法测定噪声表的电压测量基本量程示值误差，选择计算电压测量基本量程示值误差的公式 (1) 作为该计量特性的测量模型，见公式 (C.1)。

$$\delta_{NBi} = \frac{u_{Bi} - u_{B0i}}{u_{Bup_i}} \quad (C.1)$$

式中：

δ_{NBi} ——噪声表电压测量基本量程的示值误差，%；

u_{Bi} ——噪声表电压测量基本量程的主刻度示值，V；

u_{B0i} ——交流数字电压表对应各主刻度示值的电压测量示值，V；

u_{Bup_i} ——噪声表电压测量基本量程的测量区间上限标称值，V。

C.2.2 相对合成标准不确定度的计算公式

由于公式 (C.1) 中 u_{Bi} 和 u_{B0i} 的不确定度互不相关，故电压测量基本量程示值误差的相对合成标准不确定度可用公式 (C.2) 表示：

$$u_{cr}(\delta_{NBi}) = \sqrt{c^2(u_{Bi})u_r^2(u_{Bi}) + c^2(u_{B0i})u_r^2(u_{B0i})} \quad (C.2)$$

公式 (C.2) 中灵敏系数分别为：

$$c(u_{Bi}) = \frac{\partial(\delta_{NBi})}{\partial(u_{Bi})} = \frac{1}{u_{Bup_i}}$$

$$c(u_{B0i}) = \frac{\partial(\delta_{NBi})}{\partial(u_{B0i})} = -\frac{1}{u_{Bup_i}}$$

将各灵敏系数代入公式 (C.2) 后，即可得到计算电压测量基本量程示值误差的相对合成标准不确定度的公式 (C.3)：

$$u_{cr}(\delta_{NBi}) = \frac{\sqrt{u^2(u_{Bi}) + u^2(u_{B0i})}}{u_{Bup_i}} \quad (C.3)$$

C.2.3 测量不确定度评定

C.2.3.1 由于噪声表电压测量基本量程的示值误差存在重复性测量条件下测量结果不一致的可能，故按测量不确定度 A 类方法评定。在重复性测量条件下对最常用的型号为 MN-447A、出厂编号为 03011787 的双通道指针式噪声表进行重复性试验，试验前经过校准前检查，均符合规范 7.2.1.1~7.2.1.5 的要求，并分别调校各通道机械零位使

指针与零位重合。平均值检波时的误差限最小，故选择通道 1 和通道 2 在“WIDE BAND”非加权宽带及“AVER”检波方式时，频率 1 kHz、1 V 基本量程 1 V 示值进行 10 次重复性校准测量，将测得值及其平均值代入贝塞尔函数公式，得到通道 1 和通道 2 的实验标准偏差 s_1 、 s_2 ，见表 C.1。

表 C.1 在 1 V 基本量程、“AVER”检波方式的示值校准重复性试验

通道 1 基本量程示值校准重复性试验				通道 2 基本量程示值校准重复性试验			
序号	测得值/V	平均值/V	实验标准偏差 s_1 /%	序号	测得值/V	平均值/V	实验标准偏差 s_2 /%
1	1.022	1.022 5	0.05	1	1.005	1.005 5	0.11
2	1.023			2	1.006		
3	1.024			3	1.007		
4	1.022			4	1.006		
5	1.023			5	1.006		
6	1.023			6	1.007		
7	1.023			7	1.004		
8	1.022			8	1.005		
9	1.023			9	1.004		
10	1.020			10	1.005		

由此分别得到通道 1 和通道 2 测量不确定度 A 类方法评定结果，取较大的 s_2 作为测量重复性引入的相对标准不确定度：

$$u_1 = s_2 = 0.11\%$$

C.2.3.2 交流数字电压表交流电压测量示值误差引入的相对标准不确定度 u_2 。

常用的交/直流数字电压表 Agilent 34401A 在 1 kHz、基本量程交流电压测量示值误差优于 $\pm 0.6\%$ ，完全满足本规范 $\pm 1\%$ 的要求。经检定合格、正常使用时其包含概率趋于 1（落入区间外的可能性几乎为零），并且测量值落在区间内的任意值处的可能性相同，故按均匀分布，取包含因子 $k_2 = \sqrt{3}$ ，此时因交流数字电压表示值误差引入的相对标准不确定度 $u_2 \approx 0.35\%$ 。

C.2.3.3 噪声表电压指示因分辨力引入的相对标准不确定度 u_3 。

采用以下方法试验：

a) 调节输入信号幅度，观察引起噪声表指针可观察到的变化时，用交流数字电压表监视输入信号幅度的变化量约 0.2 mV 峰峰值，有效值小于 0.2 mV。可作为下步试验调节信号幅值的参考。

b) 确定能够分辨出被校噪声表指针与表盘主刻度线进或退不重合的区间（范围约大于或等于重合的区间），对应的输入信号幅值变化范围。由于表盘电压示值为线性刻度，从最大刻度到最小刻度重合区间均基本线性（约同一个量级）。经反复试验，可分

辨的重合区间在 1.0 V 满刻度时信号幅值变化约 1.4 mV, 不超过 ± 0.7 mV, 0.90 V 刻度时信号幅值变化约 2.2 mV, 不超过 ± 1.1 mV, 慢慢减小到 0.10 V 刻度时信号幅值变化最大约 5.2 mV, 不超过 ± 2.6 mV。

为保险起见取 0.10 V 时的不重合区间的最差分辨能力, 考虑平时校准时因时间因素观察不一定像做实验时那么仔细, 故将区间放大到 ± 3.0 mV。采用数字式声频信号发生器步进调节幅值进行试验更方便、更稳定, 结果基本一致, 评定时取更差的情形。分辨力一般按均匀分布, 取 $k_3 = \sqrt{3}$, 此时因噪声表电压指示分辨力引入的相对标准不确定度 $u_3 \approx 0.17\%$ 。

C.2.3.4 声频信号发生器在电压校准期间的幅值变化引入的相对标准不确定度 u_4 。

该项不确定度通过试验的方法比查资料得到的评估结果更接近实际的真实情况, 而且幅值稳定性试验方法简单、易于操作观察, 直接得到幅值变化结果。选择一台普通的模拟式音频信号发生器 TEXIO AG203E 试验, 开机预热后 10 min 及 15 min 以上在 0.10 V 时幅值变化均不超过 0.07 mV, 更长时间后趋于稳定。数字式声频信号发生器幅值更加稳定, 在相同时间幅值变化 0.03 mV, 最大不超过 0.05 mV。为保险起见取较差的情形即较大的值并适当放大至 0.10 mV, 相对 0.10 V 的信号幅值, 其相对变化不超过 0.10%。因此, 因声频信号发生器在电压校准期间的幅值变化引入的标准不确定度 $u_4 = 0.10\%$ 。

C.2.3.5 噪声表电压测量上/下行偏差与迟滞引入的标准不确定度 u_5 。

经实验证明该项偏差不十分明显, 原则上与 u_1 和 u_3 明显相关, 大部分包含在 u_1 和 u_3 之中了, 因此其贡献可以忽略不计。

C.2.3.6 校准过程温、湿度等环境条件对电压测量影响引入的相对标准不确定度 u_6 。

温、湿度等校准条件的不一致或过程中的变化对噪声表和数字交流电压表测量电压的影响不明显, 数字电压表有归一化的温度变化系数可修正或估算误差范围, 如 Aglient 34401A 在超出室内常温的 $0\text{ }^\circ\text{C} \sim 18\text{ }^\circ\text{C}$ 或 $28\text{ }^\circ\text{C} \sim 55\text{ }^\circ\text{C}$ 时引起的偏差约为读数的 0.005% 加区间上限的 0.003%, 相对噪声表 $\pm 3\%$ 至 $\pm 5\%$ 工作用的测量仪表, 完全可忽略。而噪声表误差要求不高, 对工作环境温度要求也不高, 也无资料可查, 试验较困难。因此在对测量结果影响不大的前提下, 暂时不需要确定具体数值大小, 可以忽略不计。

C.2.4 相对合成标准不确定度

通过 C.2.3 评定的电压测量基本量程的示值误差的相对标准不确定度及其输出量的相对标准不确定度分量汇总如表 C.2 所示。

表 C.2 电压测量基本量程的示值误差的相对标准不确定度一览表

不确定度来源	相对标准不确定度		输出量相对标准不确定度分量/%
	符号	数值/%	
测量重复性	u_1	0.11	0.11
交流数字电压表交流电压测量示值误差	u_2	0.35	0.35

表 C.2 (续)

不确定度来源	相对标准不确定度		输出量相对标准不确定度分量/%
	符号	数值/%	
噪声表电压刻度指示分辨力	u_3	0.17	0.17
声频信号发生器在电压校准期间的幅值变化	u_4	0.10	0.10
噪声表电压测量上/下行偏差与迟滞	u_5	忽略不计	0.00
校准过程温、湿度等环境条件对电压测量影响	u_6	忽略不计	0.00

因上述相对标准不确定度分量除 u_1 与 u_3 弱相关外, 其余均不相关, 为方便计算均按不相关处理, 对相对合成标准不确定度的计算结果影响可忽略不计。按公式 (C.3) 计算并按正向取值修约, 尾数进而不舍, 可得噪声表电压测量基本量程的示值误差的相对合成标准不确定度 u_{cr} 为:

$$\begin{aligned} u_{cr} &= \sqrt{(u_1^2 + u_3^2) + (u_2^2 + u_4^2)} \\ &= \sqrt{0.11\%^2 + 0.17\%^2 + 0.35\%^2 + 0.10\%^2} \\ &\approx 0.42\% \end{aligned}$$

C.2.5 相对扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则噪声表电压测量基本量程的示值误差的相对扩展不确定度为:

$$U_{rel} = k \times u_c = 2 \times 0.42\% = 0.84\%$$

按间隔为 0.1% 要求修约, 因此, 噪声表电压测量基本量程的示值误差的报告相对扩展不确定度为:

$$U_{rel} = 0.9\%, k = 2$$

附录 D

ITU-R BS. 468-4: 1986 声播放系统中音频噪声电压级测量的附录 2 非计权测量

未被本建议列入的非计权测量适用于特定用途。一个非计权测量的标准响应在这里给出用于指引。

频率响应

该频率响应应在图 4 所给出的限制范围内。

这种频率响应有助于使测量标准化，并确保分布在有用频率范围的噪音读数一致。当频带外信号（如载波泄漏）存在足够的幅值时，可能在不同响应但仍在图 4 的误差限内的测量设备间产生不一致的读数。

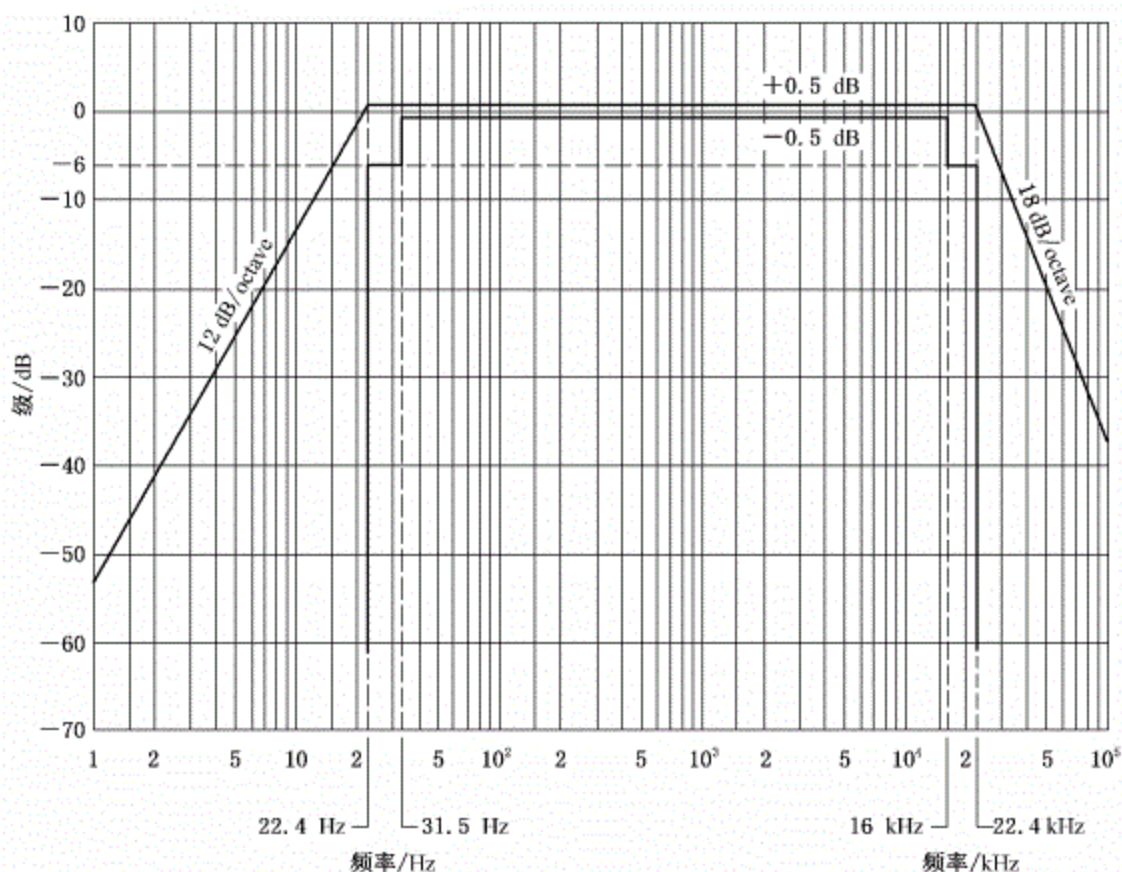


图 4 非计权测量的频率响应

附录 E

IEC 179 精密声级计的附录

表 E.1 在自由场情况下的相对响应及其误差限

标称频率 Hz	A 计权 dB	B 计权 dB	C 计权 dB	误差限 dB
10	-70.4	-38.2	-14.3	+3.0, -∞
12.5	-63.4	-33.2	-11.2	+3.0, -∞
16	-56.7	-28.5	-8.5	+3.0, -∞
20	-50.5	-24.2	-6.2	+3.0, -3
25	-44.7	-20.4	-4.4	±2.0
31.5	-39.4	-17.1	-3.0	±1.5
40	-34.6	-14.2	-2.0	±1.5
50	-30.2	-11.6	-1.3	±1.5
63	-26.2	-9.3	-0.8	±1.5
80	-22.5	-7.4	-0.5	±1.5
100	-19.1	-5.6	-0.3	±1.0
125	-16.1	-4.2	-0.2	±1.0
160	-13.4	-3.0	-0.1	±1.0
200	-10.9	-2.0	0.0	±1.0
250	-8.6	-1.3	0.0	±1.0
315	-6.6	-0.8	0.0	±1.0
400	-4.8	-0.5	0.0	±1.0
500	-3.2	-0.3	0.0	±1.0
630	-1.9	-0.1	0.0	±1.0
800	-0.8	0.0	0.0	±1.0
1 000	0.0	0.0	0.0	±1.0
1 250	+0.6	0.0	0.0	±1.0
1 600	+1.0	0.0	-0.1	±1.0
2 000	+1.2	-0.1	-0.2	±1.0
2 500	+1.3	-0.2	-0.3	±1.0
3 150	+1.2	-0.4	-0.5	±1.0
4 000	+1.0	-0.7	-0.8	±1.0
5 000	+0.5	-1.2	-1.3	±1.5

表 E.1 (续)

标称频率 Hz	A 计权 dB	B 计权 dB	C 计权 dB	误差限 dB
6 300	-0.1	-1.9	-2.0	+1.5, -2.0
8 000	-1.1	-2.9	-3.0	+1.5, -3.0
10 000	-2.5	-4.3	-4.4	+2.0, -4.0
12 500	-4.3	-6.1	-6.2	+3.0, -6.0
16 000	-6.6	-8.4	-8.5	+3.0, $-\infty$
20 000	-9.3	-11.1	-11.2	+3.0, $-\infty$