

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1203—2008

电声产品（扬声器类） 功率寿命试验仪校准规范

Calibration Specification for Electro-acoustic
Products (Loudspeakers) Power Life-span Measurement Equipments

2008—04—16 发布

2008—07—16 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

**电声产品（扬声器类）
功率寿命试验仪校准规范**

**Calibration Specification for
Electro-acoustic Products (Loudspeakers)
Power Life-span Measurement Equipments**

JJF 1203—2008

本规范经国家质量监督检验检疫总局于 2008 年 4 月 16 日批准，并自 2008 年 7 月 16 日起施行。

归口单位：全国声学计量技术委员会

主要起草单位：中国电子科技集团公司第三研究所

中国科学院声学研究所

中国人民解放军医用声学计量测试研究总站

参加起草单位：北京创新基业科技发展有限公司

中国船舶重工集团公司第七〇一所

本规范由全国声学计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

李 洹（中国电子科技集团公司第三研究所）

刘 克（中国科学院声学研究所）

潘月吾（中国电子科技集团公司第三研究所）

尹 铤（中国科学院声学研究所）

于黎明（中国人民解放军医用声学计量测试研究总站）

参加起草人：

刘方雄（中国船舶重工集团公司第七〇一所）

慕 敏（北京创新基业科技发展有限公司）

赵宪铭（北京创新基业科技发展有限公司）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语和计量单位	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(1)
5.1 白噪声信号频谱特性	(1)
5.2 粉红噪声信号频谱特性	(1)
5.3 模拟节目信号的计权功率谱特性	(1)
5.4 滤波器特性	(2)
5.5 门控电路特性	(3)
5.6 声频功率放大器特性	(3)
5.7 有效值电压表特性	(3)
5.8 峰值因数特性	(3)
6 校准条件	(3)
6.1 环境条件	(3)
6.2 标准器及其他设备	(3)
7 校准项目和校准方法	(4)
7.1 校准项目	(4)
7.2 校准方法	(4)
8 校准结果表达	(7)
8.1 校准证书	(7)
8.2 校准结果的测量不确定度评定	(7)
9 复校时间间隔	(7)
附录 A 校准证书的内容	(8)
附录 B 测量结果不确定度评定实例	(12)

电声产品（扬声器类）功率寿命试验仪校准规范

1 范围

本规范适用于电声产品（扬声器和系统）功率寿命试验仪（以下简称试验仪）的校准。

2 引用文献

本规范引用下列文献

GB/T 3102.7—1993 《声学的量和单位》

GB/T 3241—1998 《倍频程和分数倍频程滤波器》

JJF 1001—1998 《通用计量术语及定义》

JJF 1034—2005 《声学计量名词术语及定义》

JJF 1059—1999 《测量不确定度评定与表示》

使用本规范时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 术语和计量单位

本规范采用 JJF 1001—1998 和 JJF 1034—2005 中有关的术语和定义。

本规范采用 GB/T 3102.7—1993 中规定的量和单位。

根据本规范需要，给出以下术语及定义。

3.1 电声产品 electro-acoustic products

能实现在电能与声能之间相互转换的产品。

3.2 功率寿命 power life-span

在额定功率下，电声产品能正常工作的时间。

4 概述

试验仪用于扬声器和系统的功率寿命试验，主要由噪声信号源、滤波器、门控电路、声频功率放大器、有效值电压表等部分组成。

5 计量特性

5.1 白噪声信号频谱特性

白噪声信号频谱的不均匀度：在 20 Hz～20 kHz 的频率范围内不超过 2.0 dB。

5.2 粉红噪声信号频谱特性

粉红噪声信号频谱不均匀度：在 20 Hz～20 kHz 的频率范围内不超过 3.0 dB。

5.3 模拟节目信号的计权功率谱特性

模拟节目信号的 1/3 倍频带计权功率谱应符合表 1 的规定。计算计权功率谱的参考频率由制造商给出。如制造商未给出，可在表 1 中相对功率级为 0 dB 所对应的频率中选择。

表 1 模拟节目信号的计权功率谱特性

频率 /Hz	相对功率级 /dB	容差极限/dB		频率 /Hz	相对功率级 /dB	容差极限/dB	
		+	—			+	—
20	—13.5	3.0	3.0	800	0	0.5	0.5
25	—10.2	2.0	2.0	1 000	—0.1	0.6	0.6
31.5	—7.4	1.0	1.0	1 250	—0.3	0.7	0.7
40	—5.2	1.0	1.0	1 600	—0.6	0.8	0.8
50	—3.5	1.0	1.0	2 000	—1.0	1.0	1.0
63	—2.3	1.0	1.0	2 500	—1.6	1.0	1.0
80	—1.4	1.0	1.0	3 150	—2.5	1.0	1.0
100	—0.9	0.8	0.8	4 000	—3.7	1.0	1.0
125	—0.5	0.6	0.6	5 000	—5.1	1.0	1.0
160	—0.2	0.5	0.5	6 300	—7.0	1.0	1.0
200	—0.1	0.5	0.5	8 000	—9.4	1.0	1.0
250	0	0.5	0.5	10 000	—11.9	1.0	1.0
315	0	0.5	0.5	12 500	—14.8	1.5	1.5
400	0	0.5	0.5	16 000	—18.2	2.0	2.0
500	0	0.5	0.5	20 000	—21.6	3.0	3.0
630	0	0.5	0.5				

5.4 滤波器特性

5.4.1 高通滤波器

参考频率 (f_0): 由制造商给定;

通带内相对衰减: 在 ± 1.0 dB 之内 (通带范围由制造商给定);

通带外衰减率: ≥ 24 dB/oct;

低端截止频率: (f_L) 点的相对衰减: (3.0 ± 1.0) dB。

5.4.2 低通滤波器

参考频率 (f_0): 由制造商给定;

通带内相对衰减: 在 ± 1.0 dB 之内 (通带范围由制造商给定);

通带外衰减率: ≥ 24 dB/oct;

高端截止频率: (f_H) 点的相对衰减: (3.0 ± 1.0) dB。

5.4.3 带通滤波器

参考频率 (f_0): 由制造商给定;

通带内相对衰减: 在 ± 1.0 dB 之内 (通带范围由制造商给定);

通带外衰减率: ≥ 24 dB/oct。

高端截止频率 (f_H)、低端截止频率 (f_L) 点的相对衰减: (3.0 ± 1.0) dB。

5.5 门控电路特性

接通时间 $1 \times (1 \pm 1\%)$ s、关断时间 $60 \times (1 \pm 1\%)$ s; 接通时间 $1 \times (1 \pm 1\%)$ min、关断时间 $2 \times (1 \pm 1\%)$ min。

5.6 声频功率放大器特性

以 1 000 Hz 为参考, 在 20 Hz~20 kHz 范围内, 频率响应的偏差一般不超过 ± 0.5 dB; 失真限制的最大输出功率, 由制造商提供, 误差一般不超过 $\pm 10\%$; 总失真 $\leq 0.5\%$ 。

5.7 有效值电压表特性

对峰值因数为 3 的电信号, 示值误差一般不超过 ± 0.3 dB; 对于峰值因数为 5 的电信号, 示值误差一般不超过 ± 0.5 dB。

5.8 峰值因数特性

试验仪可输出峰值因数为 1.8~2.2 的白噪声和粉红噪声。

注: 以上技术指标 (5.1~5.8) 不作为合格性判别, 而仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

空气温度: $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$;

相对湿度: $(25 \sim 85)\%$ 。

6.2 标准器及其他设备

6.2.1 声频信号发生器

频率范围: 10 Hz~50 kHz;

频率误差: 在 $\pm 0.05\%$ 之内;

在校准期间的幅度稳定度: ≤ 0.02 dB;

频率响应: 20 Hz~20 kHz, 在 ± 0.2 dB 之内, 10 Hz~50 kHz, 在 ± 0.5 dB 之内;

总失真 $\leq 0.1\%$ 。

6.2.2 测量放大器

频率范围: 20 Hz~20 kHz, 频率响应: 在 ± 0.2 dB 之内;

频率范围: 10 Hz~50 kHz, 频率响应: 在 ± 0.5 dB 之内;

在校准期间的稳定度: ≤ 0.02 dB。

6.2.3 数字式交流电压表

数字式交流电压表最大允许误差: $\pm 0.5\%$;

测量范围: 0.1 V~100 V。

6.2.4 失真度测量仪

总失真测量范围: $0.01\% \sim 30\%$;

最大允许误差: $\pm 10\%$ (满度);

输入信号幅度: 0.1 V~100 V。

6.2.5 精密衰减器

在 10 Hz~20 kHz 的频率范围, 衰减范围为(0.01~80)dB, 每 1 dB 改变量的误差不超过 ± 0.02 dB, 每 10 dB 改变量的误差不超过 ± 0.05 dB。

6.2.6 1/3 倍频程滤波器

中心频率范围: 10 Hz~50 kHz;

符合 GB/T 3241—1998 中 1 级滤波器的规定。

6.2.7 负载电阻

标称阻值 4 Ω , 误差不超过 $\pm 1\%$, 额定功率大于 150 W。

6.2.8 频率计

频率的测量范围为 10 Hz~50 kHz, 最大允许误差为 $\pm 0.1\%$;

时间测量范围为 0.1 s~120 s, 最大允许误差为 $\pm 0.1\%$ 。

6.2.9 猝发音信号发生器

猝发音信号发生器可以产生 2 kHz 和 4 kHz 的猝发音电信号和连续信号; 猝发音信号的持续时间为(0.5~500)ms, 可调; 猝发音信号的持续时间和重复周期的误差不超过 $\pm 1\%$; 校准期间的幅值稳定度应优于 ± 0.02 dB。

6.2.10 数字示波器

时间测量范围: 0.1 s~120 s;

最大允许误差: 不超过 $\pm 0.1\%$ 。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

试验仪的校准项目见表 2。

表 2 试验仪校准项目一览表

编号	项目名称	技术要求的条款号	标准方法的条款号
1	外观	7.2.1	7.2.1
2	白噪声信号频谱特性	5.1	7.2.2
3	粉红噪声信号频谱特性	5.2	7.2.3
4	模拟节目信号的计权功率谱特性	5.3	7.2.4
5	滤波器特性	5.4	7.2.5
6	门控电路特性	5.5	7.2.6
7	声频功率放大器特性	5.6	7.2.7
8	有效值电压表特性	5.7	7.2.8
9	峰值因数特性	5.8	7.2.9

7.2 校准方法

7.2.1 外观检查

被检的试验仪不应有机械损坏、旋钮标符不明、接触不良等现象, 若有上述现象,

应先修理后再进行校准。

7.2.2 白噪声信号频谱特性

7.2.2.1 白噪声信号频谱特性校准示意图见图 1。



图 1 白噪声、粉红噪声信号频谱特性校准示意图

7.2.2.2 将测试仪的信号输出置于白噪声状态，调节输出信号为 1 V 有效值；测量放大器的频率计权置于“线性”，平均时间大于 20 s。在 20 Hz~20 kHz 范围内，依次改变 1/3 倍频程滤波器的中心频率，由测量放大器读取各 1/3 倍频程带白噪声声压级。

7.2.3 粉红噪声信号频谱不均匀度

7.2.3.1 粉红噪声信号频谱特性校准示意图如图 1 所示。

7.2.3.2 将测试仪置于粉红噪声状态，调节输出信号为 1 V 有效值；测量放大器的频率计权置于“线性”，平均时间大于 20 s。在 20 Hz~20 kHz 范围内，依次改变 1/3 倍频程滤波器的中心频率，由测量放大器读取各 1/3 倍频程带粉红噪声声压级。

7.2.4 模拟节目信号的计权功率谱特性

7.2.4.1 模拟节目信号的计权功率谱特性校准装置见图 1。

7.2.4.2 将测试仪置于模拟节目信号状态，测量放大器的频率计权置于“线性”，平均时间大于 20 s。将滤波器中心频率置于参考频率，调节信号输出，使测量放大器指示为 118 dB，在 20 Hz~20 kHz 范围内，依次改变 1/3 倍频程滤波器的中心频率，读取测量放大器示值与 118 dB 的差值。

7.2.5 滤波器特性

7.2.5.1 高通滤波器特性校准示意图见图 2。

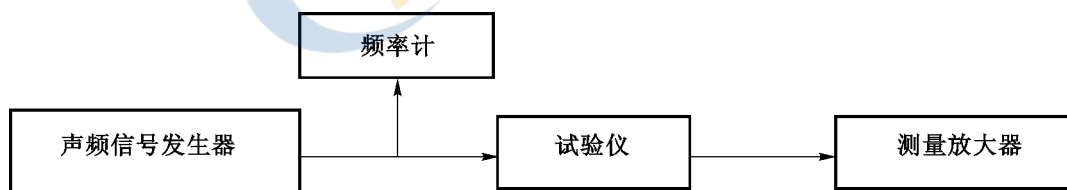


图 2 滤波器特性校准示意图

a) 将测试仪设置为高通滤波器状态，调节音频信号发生器的频率为参考频率 f_0 ，调节信号输出幅度，使测量放大器指示为 118 dB。然后将频率分别改变为低频端截止频率 f_L 和 $1/2 f_L$ ，从测量放大器上读取相对于 118 dB 的衰减量，衰减量之差即为高通滤波器带外衰减率。

b) 在通带频率范围内，改变音频信号发生器的频率，由测量放大器读出相对于 118 dB、绝对值最大的改变量。

7.2.5.2 低通滤波器特性校准示意图如图 2 所示。

a) 将测试仪设置为低通滤波器状态，调节音频信号发生器的频率为参考频率 f_0 ，

调节信号输出幅度,使测量放大器指示为 118 dB,然后从测量放大器上读取高频端截止频率 f_H 和 $2f_H$ 相对于 118 dB 的衰减量,衰减量之差即为低通滤波器带外衰减率。

b) 在通带频率范围内,改变声频信号发生器的频率,由测量放大器读出相对于 118 dB、绝对值最大的改变量。

7.2.5.3 带通滤波器特性校准示意图如图 2 所示。

参照 7.2.5.1 条和 7.2.5.2 条的方法测量带通滤波器的特性。

7.2.6 门控电路特性

具有门控电路输出接口的试验仪,可使用频率计周期检测功能测量门控电路的通断时间或对基本脉冲进行检测;对未带门控电路输出接口的,可在仪器的输出端通过数字示波器测量信号输出的通断时间。

7.2.7 声频功率放大器的特性

试验仪的声频功率放大器的特性校准测量示意图见图 3。

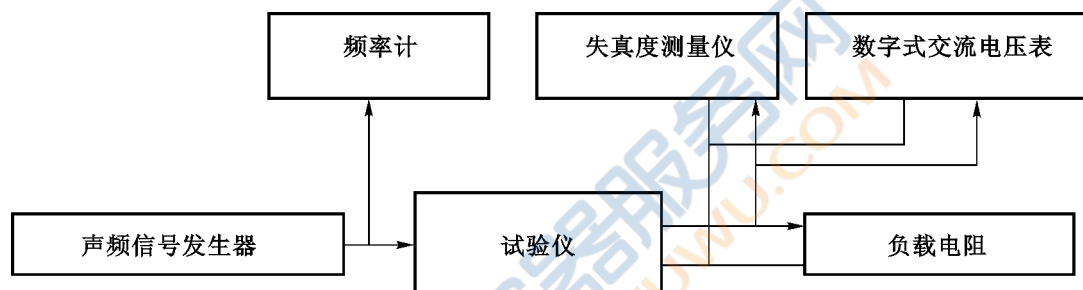


图 3 声频功率放大器的特性校准示意图

7.2.7.1 频率响应

调节声频信号发生器的信号频率为 1 kHz,并以此作参考频率;调节声频信号发生器的输出幅度,使声频功率放大器输出功率为额定输出功率的 10%,以此时数字式交流电压表读数为参考电平值,保持声频信号发生器的输出幅度不变,在 20 Hz~20 kHz 范围内,由数字式交流电压表至少读取 20 Hz、100 Hz、200 Hz、1 kHz、5 kHz、10 kHz、20 kHz 的电平值,各频率的电平值与参考电平值之差为其频率响应。

7.2.7.2 总失真

按图 3 连接仪器,试验仪工作于定阻式输出状态,用失真度测量仪测量额定功率下,频率为 20 Hz、1 kHz 和 20 kHz 时的总失真。

7.2.7.3 输出功率

输出功率在定阻式输出状态测量,按图 3 连接仪器,调节声频信号发生器的输出信号频率为 1 kHz,缓慢增加输出电压,观察失真度测量仪的示值,当总失真达到 0.5% 时,读出数字式交流电压表的示值,按下式计算输出功率:

$$P = U^2 / R_L \quad (1)$$

式中: P ——输出功率, W;

U ——输出电压, V;

R_L ——负载电阻, Ω 。

7.2.8 有效值电压表特性

7.2.8.1 有效值电压表特性用频率为 2 kHz 的猝发音序列来测量, 校准示意图见图 4。

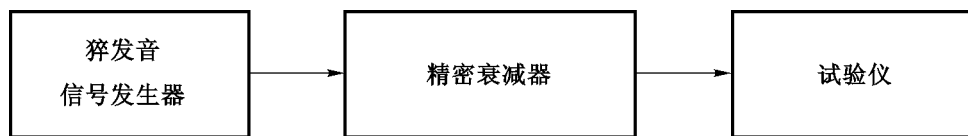


图 4 有效值电压表特性校准示意图

7.2.8.2 调节猝发音信号发生器使其输出频率为 2 kHz 的连续正弦信号; 调节信号幅度, 使试验仪指示在 118 dB 处。

7.2.8.3 保持信号幅度不变, 从连续信号中提取持续时间为 5.56 ms, 重复频率为 40 Hz 的猝发音序列电信号, 加至试验仪。通过减少精密衰减器的衰减来增加试验仪的输入电压, 使试验仪指示为 118 dB。精密衰减器的衰减改变量与理论增加量 (6.53 dB) 之差, 即为试验仪在峰值因数为 3 时的有效值电压表特性的误差。

7.2.8.4 保持信号幅度不变, 从连续信号中提取持续时间为 2 ms, 重复频率为 40 Hz 的猝发音序列电信号, 加至试验仪。通过减少精密衰减器的衰减来增加试验仪的输入电压, 使试验仪指示为 118 dB。精密衰减器的衰减改变量与理论增加量 (10.7 dB) 之差, 即为试验仪在峰值因数为 5 时的有效值电压表特性的误差。

7.2.9 峰值因数特性

7.2.9.1 将试验仪置于峰值因数为 1.8~2.2 白噪声状态, 调节输出信号使测量放大器上指示在适当的位置。保持信号幅度不变, 由测量放大器分别测出信号的有效值和峰值, 将峰值除以有效值, 得到该白噪声信号峰值因数的测量值。

7.2.9.2 将试验仪置于峰值因数为 1.8~2.2 粉红噪声状态, 调节输出信号使测量放大器指示在适当的位置。保持信号幅度不变, 由测量放大器分别测出信号的有效值和峰值, 将峰值除以有效值, 得到该粉红噪声信号峰值因数的测量值。

8 校准结果表达

8.1 校准证书

经校准的仪器应出具校准证书。校准证书应包括的信息及推荐的校准证书的内页格式见附录 A。

8.2 校准结果的测量不确定度评定

校准结果的测量不确定度按 JJF 1059—1999 的要求评定, 不确定度评定的实例见附录 B。

9 复校时间间隔

试验仪的复校时间间隔建议为 1 年。复校时间间隔的长短取决于仪器的使用情况 (使用部位的重要性、环境条件、使用频率)、使用者、仪器本身质量等诸多因素, 客户可根据实际使用情况自主决定复校的时间间隔。

附录 A

校准证书的内容

A.1 校准证书或报告至少应包括以下信息：

- a) 标题，如“校准证书”或“校准报告”；
- b) 实验室的名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果不在实验室内进行校准）；
- d) 证书或报告的惟一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 送校单位的名称和地址；
- f) 被校试验仪的型号、规格及出厂编号；
- 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，应说明试验仪的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对抽样程序进行说明；
- i) 对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溯源性及有效性的说明；
- 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) 校准证书或报告签发人的签名、职务或等效标识，以及签发日期；
- n) 校准结果仅对试验仪有效的声明；
- o) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书或报告的声明。

A.2 推荐的试验仪校准证书的内页格式见图 A.1。

校 准 结 果				共 3 页 第 1 页	
1 外观：_____。					
2 白噪声信号频谱的不均匀度：_____ dB。					
3 粉红噪声信号频谱的不均匀度：_____ dB。					
4 模拟节目信号计权功率谱特性					
频率/Hz	相对功率级/dB	频率/Hz	相对功率级/dB	频率/Hz	相对功率级/dB
20		250		3 150	
25		315		4 000	
31.5		400		5 000	
40		500		6 300	
50		630		8 000	
63		800		10 000	
80		1 000		12 500	
100		1 250		16 000	
125		1 600		20 000	
160		2 000			
200		2 500			
5 滤波器特性					
1) 高通滤波器（参考频率 f_0 ：_____ Hz）					
截止频率/Hz	相对衰减/dB			带外衰减率 dB/oct	
	通带内	f_L 处	$1/2f_L$ 处		
20					
50					
100					
400					

图 A.1 校准证书内页的格式

校 准 结 果

共 3 页 第 2 页

2) 低通滤波器 (参考频率 f_0 : Hz)

截止频率/kHz	相对衰减/dB			带外衰减率 dB/oct
	通带内	f_H 处	$2f_H$ 处	
20				
18				
12.5				
8				

3) 带通滤波器 (参考频率 f_0 : Hz)

截止频率	相对衰减/dB					带外衰减率 dB/oct	
	通带内	f_L 处	$1/2f_L$ 处	f_H 处	$2f_H$ 处	低频端	高频端
20 Hz, 20 kHz							
100 Hz, 16 kHz							
200 Hz, 12.5 kHz							
400 Hz, 10 kHz							

6 门控电路特性

标称值	1 s	60 s	1 min	2 min
实测值				

7 声频功率放大器

1) 频率响应、失真度

频率/Hz	20	100	200	1 000	5 000	10 000	20 000
响应/dB							
失真度/%		—	—		—	—	

2) 输出功率 (负载电阻: Ω)

标称值/W				
实测值/W				
误差/%				

图 A.1 校准证书内页的格式 (续)

校 准 结 果

共 3 页 第 3 页

8 有效值电压表特性

峰值因数为 3 时的误差_____ dB;

峰值因数为 5 时的误差_____ dB;

9 峰值因数

标称值	1.8~2.2
实测值（白噪声）	
实测值（粉红噪声）	

校准不确定度的描述：

校准的技术依据：JJF 1203—2008 电声产品（扬声器类）功率寿命试验仪校准规范

校准所用的标准装置的名称：

校准的环境条件：

空气温度：_____℃；

相对湿度：_____%

图 A.1 校准证书内页的格式（续）

附录 B

测量结果不确定度评定实例

B.1 引言

本附录仅以粉红噪声频谱特性、高通滤波器的通带内相对衰减、声频功率放大器特性和有效值电压表特性等校准项目测量结果的不确定度评定为例，说明试验仪校准项目测量结果的不确定度评定的程序。因为其他校准项目的校准方法和所用仪器设备基本相同，其测量结果的不确定度评定也相同，所以不再重复叙述。

B.2 粉红噪声信号频谱特性校准结果的测量不确定度评定

B.2.1 数学模型

按本校准规范的设计，试验仪粉红噪声信号频谱均匀性（用最大差值表示）按式（B.1）计算：

$$\delta = \delta_1 - \delta_0 \quad (\text{B.1})$$

式中： δ ——频谱的最大差值，dB；

δ_1 ——频谱的最大电平值，dB；

δ_0 ——频谱的最小电平值，dB。

B.2.2 标准不确定度的 A 类评定

校准粉红噪声信号频谱均匀性时，A 类标准不确定度主要来源于测量的重复性，本范例在相同的测量条件下，对试验仪粉红噪声信号频谱的均匀性重复测量 6 次，得到的结果如表 B.1 所示。

表 B.1 粉红噪声信号频谱均匀性 δ 的测量数据

第 i 次测量	均匀性/dB
1	2.88
2	2.85
3	2.89
4	2.92
5	2.95
6	2.85
平均值/ $\bar{W}$	2.89

实验标准差按公式（B.2）计算：

$$s(\delta_s) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta_{si} - \bar{\delta}_s)^2}{n-1}} \quad (\text{B.2})$$

式中： n ——重复测量的次数，此处 $n=6$ ；

δ_{si} ——频谱均匀性的第 i 次测量值, dB;

$\bar{\delta}_s$ ——频谱均匀性 n 次测量结果的平均值, dB。

根据表 B.1 中的数据, 由公式 (B.2) 计算出粉红噪声信号频谱均匀性的实验标准差:

$$s(\delta_s) = 0.039(\text{dB})$$

校准时取单次测量结果, 故 A 类标准不确定度为:

$$u_A = s(\delta_s) = 0.039(\text{dB})$$

B.2.3 标准不确定度的 B 类评定

在粉红噪声信号频谱均匀性校准时, B 类不确定度主要来源于以下几个方面:

a) 测量放大器稳定度引入的标准不确定度分量

因为测量放大器在校准期间稳定度优于 0.02 dB, 其引入的标准不确定度按均匀分布估计, 包含因子取 $k=\sqrt{3}$, 则测量放大器稳定度引入的标准不确定度分量为:

$$u_{B1} = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 0.012(\text{dB})$$

b) 测量放大线性频率响应引入的标准不确定度分量

因为测量放大器频率响应在 ± 0.2 dB 范围内, 其引入的标准不确定度按均匀分布估计, 包含因子取 $k=\sqrt{3}$, 则测量放大器频率响应引入的标准不确定度分量为:

$$u_{B2} = \frac{0.2}{\sqrt{3}} = 0.115(\text{dB})$$

c) 1/3 倍频程测量滤波器通带内响应引入的标准不确定度分量

因为 I 级 1/3 倍频程测量滤波器通带内响应在 ± 0.4 dB 之内, 其引入的标准不确定度按均匀分布估计, 包含因子取 $k=\sqrt{3}$, 由此引入的标准不确定度分量为:

$$u_{B3} = \frac{0.4}{\sqrt{3}} = 0.231(\text{dB})$$

d) 1/3 倍频程测量滤波器稳定度引入的标准不确定度分量

因为 I 级 1/3 倍频程测量滤波器稳定度优于 0.02 dB, 其引入的标准不确定度按均匀分布估计, 包含因子取 $k=\sqrt{3}$, 由此引入的标准不确定度分量为:

$$u_{B4} = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 0.012(\text{dB})$$

e) 对其他因素的考虑

由于测量放大器的读数误差及计算时的修约误差等, 其引入的标准不确定度分量非常小, 因此忽略不计。

B.2.4 合成标准不确定度

以上粉红噪声信号频谱均匀性校准结果的测量不确定度各分量独立无关, 故合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_{B1}^2 + u_{B2}^2 + u_{B3}^2 + u_{B4}^2} = 0.262(\text{dB})$$

B.2.5 扩展标准不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则试验仪粉红噪声信频谱均匀性校准的扩展不确定度为：

$$U = 0.262 \times 2 \approx 0.5(\text{dB})$$

B.3 滤波器特性校准结果的测量不确定度评定

B.3.1 数学模型

按本校准规范的设计，相对衰减是滤波器的主要技术指标，在不同频率时的输出电平与参考频率 (f_0) 时输出电平之差。相对衰减按公式 (B.3) 计算：

$$\delta = \delta_i - \delta_0 \quad (\text{B.3})$$

式中： δ ——相对衰减，dB；

δ_i ——各频率点输出电平，dB；

δ_0 ——参考频率点输出电平，dB。

B.3.2 标准不确定度的 A 类评定

校准 100 Hz 高通滤波器相对衰减时，A 类标准不确定度主要来源于测量的重复性，本范例在相同的测量条件下，对 100 Hz 高通滤波器相对衰减重复测量 6 次，得到的结果如表 B.2 所示。

表 B.2 100 Hz 高通滤波器相对衰减 δ 的测量数据 参考频率 $f_0 = 1\,000\text{ Hz}$

测试频率/Hz		100	500	1 000	5 000	10 000
相对衰减 /dB	1 次	2.2	0.1	0.0	0.1	0.1
	2 次	2.3	0.1	0.0	0.1	0.1
	3 次	2.3	0.2	0.0	0.0	0.1
	4 次	2.3	0.1	0.0	0.1	0.1
	5 次	2.2	0.1	0.0	0.0	0.2
	6 次	2.3	0.1	0.0	0.1	0.1
	平均值	2.27	0.12	—	0.07	0.12
	标准差	0.052	0.041	—	0.052	0.041

根据表 B.2 中的数据，由公式 (B.2) 计算出 100 Hz 高通滤波器相对衰减的实验标准差：

$$s(\delta_s) = 0.052(\text{dB})$$

校准时取单次测量结果，故 A 类标准不确定度为：

$$u_A = s(\delta_s) = 0.052(\text{dB})$$

B.3.3 标准不确定度的 B 类评定

在滤波器特性进行校准时，B 类不确定度主要来源于以下几个方面：

a) 声频信号发生器幅度稳定度引入的标准不确定度分量

声频信号发生器幅度稳定度优于 0.02 dB，引入的标准不确定度按均匀分布估计，包含因子取 $k=\sqrt{3}$ ，由此引入的标准不确定度分量为：

$$u_{B1} = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 0.012(\text{dB})$$

b) 声频信号发生器频率响应引入的标准不确定度分量

声频信号发生器频率响应在 ± 0.1 dB之内, 引入的标准不确定度按均匀分布估计, 包含因子取 $k=\sqrt{3}$, 由此引入的标准不确定度分量为:

$$u_{B2} = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.058(\text{dB})$$

c) 测量放大器稳定度引入的标准不确定度分量

因为测量放大器在校准期间稳定度优于0.02 dB, 其引入的标准不确定度按均匀分布估计, 包含因子取 $k=\sqrt{3}$, 则测量放大器稳定度引入的标准不确定度分量为:

$$u_{B3} = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 0.012(\text{dB})$$

d) 测量放大线性频率响应引入的标准不确定度

因为测量放大器频率响应在 ± 0.2 dB之内, 引入的标准不确定度按均匀分布估计, 包含因子取 $k=\sqrt{3}$, 则测量放大器频率响应引入的标准不确定度分量为:

$$u_{B4} = \frac{0.2}{\sqrt{3}} = 0.115(\text{dB})$$

e) 测量放大器读数误差引入的标准不确定度

因为测量放大器读数误差在 ± 0.05 dB之内, 其引入的标准不确定度按均匀分布估计, 包含因子取 $k=\sqrt{3}$, 则测量放大器读数误差引入的标准不确定度分量为:

$$u_{B5} = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029(\text{dB})$$

f) 对其他因素的考虑

由于频率计读数误差及稳定性等, 引入的标准不确定度分量非常小, 因此忽略不计。

B.3.4 合成标准不确定度

以上滤波器特性校准结果的测量不确定度各分量独立无关, 故合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_{B1}^2 + u_{B2}^2 + u_{B3}^2 + u_{B4}^2 + u_{B5}^2} = 0.143(\text{dB})$$

B.3.5 扩展标准不确定度

取包含因子 $k=2$, 则试验仪100 Hz高通滤波器相对衰减校准的扩展不确定度为:

$$U = 0.143 \times 2 \approx 0.3(\text{dB})$$

B.4 声频功率放大器特性校准结果的测量不确定度评定

B.4.1 数学模型

按本校准规范的设计, 试验仪输出功率误差按公式B.4计算:

$$\delta(P) = \frac{P_1 - P_0}{P_0} = \frac{P_1 R}{U^2} - 1 \quad (\text{B.4})$$

式中: $\delta(P)$ ——输出功率误差;

P_0 ——标称功率, W;

P_1 ——实测输出功率, W;

U ——功率放大器输出电压，V；

R ——负载电阻， Ω 。

B.4.2 方差及灵敏度系数

因为 $P_0(U, R)$ 是电压和电阻的函数，电压、电阻互不相关，所以 $\delta(P)$ 的合成方差为：

$$u_{\text{CB}}^2 = c^2(U)u_u^2 + c^2(R)u_R^2$$

式中电压取 6.324 V，电阻取 4 Ω ，灵敏度系数分别为：

$$c(u) = \frac{\partial[\delta(P)]}{\partial(U)} = -0.316$$

$$c(R) = \frac{\partial[\delta(P)]}{\partial(R)} = 0.250$$

B.4.3 标准不确定度的 A 类评定

校准声频功率放大器特性时，A 类标准不确定度主要来源于测量的重复性，本范例在相同的测量条件下，对试验仪输出功率误差重复测量 6 次，得到的结果如表 B.3 所示。

表 B.3 声频功率放大器输出功率误差 $\delta(P)$ 的测量数据

第 i 次测量	功率相对误差
1	0.015
2	0.025
3	0.023
4	0.020
5	0.028
6	0.030
平均值/W	0.024

根据表 B.3 中的数据，由公式 (B.2) 计算出声频功率放大器输出功率误差的实验标准差：

$$s(\delta_s) = 0.0055$$

校准时取单次测量结果，故 A 类标准不确定度为：

$$u_A = s(\delta_s) = 0.0055$$

B.4.4 标准不确定度的 B 类评定

对输出功率进行校准时，B 类不确定度主要来源于以下几个方面：

a. 信号电压引入的标准不确定度分量

1) 声频信号发生器稳定度引入的标准不确定度分量

声频信号发生器稳定度优于 0.1 dB，实际引起输出功率误差不超过 0.0232，引入的标准不确定度按均匀分布估计，包含因子取 $k = \sqrt{3}$ ，由此引入的标准不确定度分量为：

$$u_{B1}(u) = \frac{0.023\ 2}{\sqrt{3}} = 0.013\ 4$$

2) 数字式交流电压表误差引入的标准不确定度分量

数字式交流电压表最大允许误差不超过 $\pm 0.1\%$ ，实际引起输出功率误差不超过0.002，引入的标准不确定度按均匀分布估计，包含因子取 $k=\sqrt{3}$ ，由此引入的标准不确定度分量为：

$$u_{B2}(u) = \frac{0.002}{\sqrt{3}} = 0.001\ 2$$

3) 对其他因素的考虑

由于测量放大器的读数误差及计算时的修约误差等，其引入的标准不确定度分量非常小，因此忽略不计。

4) 由信号电压引入的标准不确定度合成：

$$u_c(u) = \sqrt{u_{B1}^2 + u_{B2}^2} = \sqrt{(0.013\ 4)^2 + (0.001\ 2)^2} = 0.013\ 4$$

b. 负载电阻误差引入的标准不确定度分量

在试验前后实际测量负载电阻变化率为1.25%，引起输出功率误差优于0.0125，引入的标准不确定度按均匀分布估计，包含因子取 $k=\sqrt{3}$ ，由此引入的标准不确定度分量为：

$$u_B(R) = \frac{0.012\ 5}{\sqrt{3}} = 0.007\ 2$$

B类标准不确定度 u_{cB} 按下式合成：

以上粉红噪声信号频谱特性校准结果的测量不确定度各分量独立无关，故合成标准不确定度为：

$$\begin{aligned} u_{cB} &= \sqrt{c^2(u)u_B^2(u) + c^2(R)u_B^2(R)} \\ &= \sqrt{(-0.316)^2(0.013\ 4)^2 + (0.250)^2(0.007\ 2)^2} \\ &= 0.004\ 6 \end{aligned}$$

B.4.5 合成标准不确定度

合成标准不确定度按下式计算：

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_{cB}^2} = \sqrt{(0.005\ 5)^2 + (0.004\ 6)^2} = 0.007\ 17$$

B.4.6 扩展标准不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则试验仪粉红噪声信号频谱特性校准的扩展不确定度为：

$$U = 0.007\ 17 \times 2 = 0.014$$

B.5 有效值电压表特性校准结果测量不确定度评定

B.5.1 数学模型

按本校准规范的设计，试验仪有效值电压表特性的误差按公式（B.5）：

$$\delta = \delta_1 - \delta_0 \quad (\text{B.5})$$

式中： δ ——有效值电压表特性误差，dB；

δ_1 ——测量中实际增加值，dB；

δ_0 ——理论增加值，dB。

B.5.2 标准不确定度的 A 类评定

校准有效值电压表特性时，A 类标准不确定度主要来源于测量的重复性，本范例在相同的测量条件下，对试验仪在峰值因数为 5 时的有效值电压表特性的误差重复测量 6 次，得到的结果如表 B.4 所示。

表 B.4 有效值电压表特性的误差 δ 测量数据

第 i 次测量	误差/dB
1	0.30
2	0.32
3	0.32
4	0.34
5	0.29
6	0.31
平均值	0.313

根据表 B.4 中的数据，由公式 (B.2) 计算出粉红噪声信号频谱均匀性的实验标准差：

$$s(\delta_s) = 0.018(\text{dB})$$

校准时取单次测量结果，故 A 类标准不确定度为：

$$u_A = s(\delta_s) = 0.018(\text{dB})$$

B.5.3 标准不确定度的 B 类评定

对有效值电压表特性进行校准时，B 类不确定度主要来源于以下几个方面：

a) 猝发音信号发生器稳定度优于 0.02 dB，引入的标准不确定度按均匀分布估计，取包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，即猝发音信号发生器稳定度引入的标准不确定度分量为：

$$u_{B1} = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 0.012(\text{dB})$$

b) 猝发音信号发生器猝发音持续时间的误差为 $\pm 1\%$ ，其半区间约为 0.086 dB，引入的标准不确定度按均匀分布估计，取包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，即猝发音持续时间误差引入的标准不确定度分量为：

$$u_{B2} = \frac{0.086}{\sqrt{3}} = 0.050(\text{dB})$$

c) 猝发音信号发生器猝发音重复时间的误差为 $\pm 1\%$ ，其半区间约为 0.086 dB，引入的标准不确定度按均匀分布估计，取包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，即猝发音重复时间误差引入的标准不确定度分量为：

$$u_{B3} = \frac{0.086}{\sqrt{3}} = 0.050(\text{dB})$$

d) 精密衰减器在 20 dB 内的误差优于 ± 0.1 dB，引入的标准不确定度按均匀分布估计，取包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，即精密衰减器误差引入的标准不确定度分量为：

$$u_{B4} = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.058(\text{dB})$$

e) 在计算中要求数据修约到 0.01 dB，引入的标准不确定度按均匀分布估计，取包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，数据修约误差引入的标准不确定度分量为：

$$u_{B5} = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.003(\text{dB})$$

B.5.4 合成标准不确定度

以上有效值电压表特性校准结果的测量不确定度各分量独立无关，故合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_{B1}^2 + u_{B2}^2 + u_{B3}^2 + u_{B4}^2 + u_{B5}^2} = 0.094(\text{dB})$$

B.5.5 扩展标准不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则试验仪有效值电压表特性校准的扩展不确定度为：

$$U = 0.094 \times 2 \approx 0.2(\text{dB})$$