

JJF (沪苏浙皖)

沪苏浙皖地方计量校准规范

JJF (沪苏浙皖) 4003—2022

标准有源扬声器校准规范

Calibration Specification for Standard Active Speakers

2022-2-17 发布

2022-5-17 实施

上海市市场监督管理局
江苏省市场监督管理局发布
浙江省市场监督管理局
安徽省市场监督管理局

标准有源扬声器校准规范

Calibration Specification for
Standard Active Speakers

JJF (沪苏浙皖) 4003—2022

归口单位：上海市市场监督管理局

江苏省市场监督管理局

浙江省市场监督管理局

安徽省市场监督管理局

主要起草单位：浙江省计量科学研究院

杭州爱华仪器有限公司

本规范委托浙江省计量科学研究院负责解释

本规范主要起草人：

张志凯（浙江省计量科学研究院）

桑帅军（浙江省计量科学研究院）

阚雪珍（杭州爱华仪器有限公司）

裘剑敏（浙江省计量科学研究院）

李 泳（杭州爱华仪器有限公司）

吴德林（浙江省计量科学研究院）

吴 键（浙江省计量科学研究院）

目录

引言.....	II
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语和计量单位.....	1
4 概述	2
5 计量特性	2
5.1 输入灵敏度.....	2
5.2 失真限制的输出功率.....	2
5.3 总谐波失真加噪声.....	2
5.4 最小源电动势输出声压级.....	2
5.5 声频率响应.....	2
5.6 声压级总失真.....	3
5.7 声压级的短期稳定性.....	3
5.8 自生噪声.....	3
6 校准条件	3
6.1 环境条件.....	3
6.2 测量标准及其他设备.....	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.....	5
8 校准结果表达	8
8.1 校准记录.....	8
8.2 校准数据处理.....	8
8.3 校准证书.....	8
8.4 校准结果的测量不确定度.....	9
9 复校时间间隔	9
附录 A 校准记录的内容.....	10
附录 B 校准证书的内容.....	12
附录 C 测量不确定度评定示例.....	15

引言

本规范依据 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》所给出的规则和格式编制，测量不确定度按照 JJF 1059.1—2012《测量不确定度的评定与表示》的要求评定和表示。

本规范主要参考 SJ/T 11540—2015《有源扬声器通用扬声器》编写。

本规范为首次发布。

标准有源扬声器校准规范

1 范围

本规范适用于频率在100 Hz~20 kHz范围内声学测量用标准有源扬声器（以下简称“扬声器”）的校准。

其他用途扬声器的校准可参考本规范。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJF 1001	通用计量术语及定义
JJF 1034—2020	声学计量术语及定义
JJF 1059.1—2012	测量不确定度评定与表示
GB/T 3102.7	声学的量和单位
GB/T 3947	声学名词术语
SJ/T 11540—2015	有源扬声器通用规范
GB/T 12060.2—2011	声系统设备第2部分：一般术语解释和计算方法
GB/T 15173	电声学 声校准器

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

GB/T 3102.7 中规定的量和单位适用于本规范。

JJF 1001、JJF 1034—2020、GB/T 3947、SJ/T 11540—2015 和 GB/T 12060.2—2011 中界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1 标准有源扬声器 standard active speaker

由声频功率放大器和扬声器系统等组合而成的标准声源。

3.2 输入灵敏度 input sensitivity

扬声器置于额定工作条件和额定增益条件下，使输出电压的总谐波失真达到规定限值时的最小输入信号幅度。

注：输入灵敏度的单位为伏特（V）。

3.3 额定源电动势 rated source e.m.f

由制造者规定幅度的测试信号的电动势。

注：

1. 它和额定源阻抗串联后接入至扬声器的输入端，控制器置于适当位置，在额定负载阻抗上就能给出额定失真限制的输出电压。

2. 额定源电动势的单位为伏特（V）。

3.4 总谐波失真 total harmonic distortion

输出信号的失真成分的有效值与总输出信号的有效值之比表示的谐波失真。

注：总谐波失真以百分数（%）表示。

[GB/T 12060.2—2011，定义 7.2.4]

3.5 总失真 total distortion

所有失真分量的方均根值与整个信号的方均根值之比。

注：总失真以百分数（%）表示。

[GB/T 15173，定义 3.9]

4 概述

标准有源扬声器通常是指便携式的内置功率放大器的参考扬声器，可应用于学校教学、会议厅演讲、音乐厅演出、建筑厅堂的音效测试等，也可用于比较法测量固定噪声源发射噪声的声功率、声学环境达标验收测试和估算声学环境对于由放置于该环境中的一个或多个声源所产生的声压级的影响。

5 计量特性

5.1 输入灵敏度

输入灵敏度的偏差一般不超过标称值的 $\pm 10\%$ 。

5.2 失真限制的输出功率

失真限制的输出功率一般不小于标称值。

5.3 总谐波失真加噪声

在规定的频率范围内，扬声器的电输出信号的总谐波失真加噪声一般不大于2%。

5.4 最小源电动势输出声压级

输出声压级与标称值偏差一般不超过 ± 3.0 dB。

5.5 声频率响应

应提供自由声场中扬声器声频率响应数据或曲线。

5.6 声压级总失真

在规定的频率范围内，扬声器输出的声压级总失真一般不大于 3.0 %。

5.7 声压级的短期稳定性

在规定环境条件下，扬声器短期测试过程中声压级变化绝对值一般不大于 0.2 dB。

5.8 自生噪声

自生噪声的 A 计权平均声级一般不大于 30 dB。

注：由于校准无需做出合格与否的判定，因此，第 5 章给出的指标仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

扬声器应在以下环境条件下进行校准：

- 空气温度：(23±3) °C；
- 相对湿度：(30~90) %；
- 静压：(97~103) kPa；
- 测量声性能参数时环境噪声声压级应比试验信号级至少低 30 dB。

6.2 测量标准及其他设备

a) 声校准器

声校准器性能等级为 1 级，标称频率为 1000 Hz 或 250 Hz，标称声压级为 94 dB 或 114 dB。

b) 参考传声器

符合 JJG 175、JJG 1019 和 JJG 1172 要求的 WS2 或 WS3 型工作标准传声器，如使用声压型工作标准传声器，则自由场修正值应已知。

c) 传声器前置放大器

传声器前置放大器的频率响应在 100 Hz~20 kHz 内优于±0.2 dB，总失真不大于 0.1 %，自生噪声不大于 10 μV。

d) 数字电压表

数字电压表在 100 Hz~20 kHz 的频率范围内，测量交流电压的最大允许误差不大于±0.4 %。

e) 测量放大器

测量放大器的频率响应在 100 Hz~20 kHz 频率范围内优于±0.2 dB，总失真不大于 0.1%，具有 A 计权和低通滤波器功能（4 Hz~20 kHz 的通带）。

f) 声频信号发生器

声频信号发生器在 100 Hz~20 kHz 的频率范围内, 以 1 kHz 为参考, 幅频特性优于 ± 0.2 dB, 总失真不大于 0.5 %, 输出信号电压不低于 10 V。能产生粉红噪声信号, 其频谱的均匀性不大于 3.0 dB。

注:

1. 如果输出电压不能达到 10 V, 可通过信号放大来实现;

2. e 和 f 对应的设备可采用满足上述校准要求的其他等效仪器 (如信号发生系统、信号采集分析系统等)。

g) 失真度测量仪

采用基波抑制法设计在使用频率范围内, 失真度测量的最大允许误差不超过 $\pm 10\%$ 。

h) 交流负载电阻

采用交流负载电阻时, 功率应满足使用要求, 阻值的最大允许误差不超过 $\pm 5\%$ 。

i) 消声室

在使用频率范围内, 自由场偏差应优于 ± 1.0 dB, 自由场距离不小于 1 m。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

扬声器的校准项目见表 1。应根据扬声器的型号及预期用途, 选择适合的校准项目。

表 1 扬声器校准项目一览表

序号	项目名称	计量特性的条款号	校准方法的条款号
1	输入灵敏度	5.1	7.2.2
2	失真限制的输出功率	5.2	7.2.3
3	总谐波失真加噪声	5.3	7.2.4
4	最小源电动势输出声压级	5.4	7.2.5
5	声频率响应	5.5	7.2.6
6	声压级总失真	5.6	7.2.7
7	声压级的短期稳定性	5.7	7.2.8
8	自生噪声	5.8	7.2.9

7.2 校准方法

7.2.1 校准前检查

观察扬声器的外观，应符合以下要求：

- 1) 应具有清晰的标志，包括制造商的名称、型号和序列号等；
- 2) 不应有明显的机械损伤、操作失灵等现象；
- 3) 使用合适的封条和标志，保护使用者容易接触到而影响电声性能的部件。

7.2.2 输入灵敏度

扬声器输入灵敏度测量装置方框图如图 1 所示。

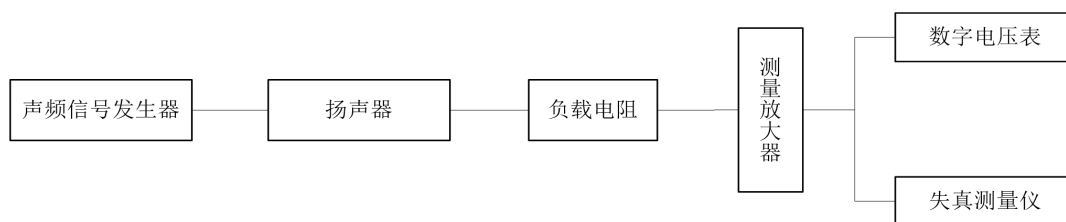


图 1 输入灵敏度测量装置方框图

测量前，将测量放大器置于相应的工作量程位置上，时间计权使用 F 档，频率计权置于线性挡，开启低通滤波器，被测扬声器输出端匹配连接使用说明书中规定的额定负载阻抗。

将扬声器置于额定工作条件，音量置于最大位置，输入参考测试频率为 1000 Hz。调节输入信号幅度，使得信号级从小往大增加，跃过初始小信号工作区，使得输出失真为制造商规定的限值，此时的输入信号幅度为扬声器的输入灵敏度。

注：

1. 被测扬声器额定工作条件：

- a) 被测扬声器接在额定电源上；
- b) 被测扬声器输出端接额定负载阻抗；
- c) 被测扬声器输入端接信号源（串联一匹配阻抗电阻）；
- d) 产品说明书中有其他规定的，按相关规定设定。

2. 若失真不能达到规定的限值，则以测得的最大失真为准。也可由用户根据实际使用情况规定输出失真的限值。

7.2.3 失真限制的输出功率

扬声器失真限制的输出功率测量方框图如图 1 所示。

将扬声器置于额定工作条件，音量置于最大位置，输入参考测试频率为 1000 Hz。调节输入信号幅度，使得输出失真为制造商规定的限值，扬声器在此条件

下工作 60 s 之后，测量输出信号电压 U 。

失真限制的输出功率按公式 (1) 计算：

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

式中：

P ——扬声器失真限制的输出功率，W；

U ——额定失真限制的输出电压，V；

R ——额定交流负载电阻， Ω 。

7.2.4 总谐波失真加噪声

扬声器电性能总谐波失真加噪声测量方框图如图 1 所示。

将扬声器置于额定工作条件，音量置于最大位置，输入参考测试频率为 1000 Hz。调节输入信号幅度，使得输出功率为失真限制输出功率的 1/8，记录失真测量仪的示值（用百分数表示）和数字多用表的电压示值。之后在扬声器工作频率范围内，以三分之一倍频程的间隔改变试验信号频率，记录在各三分之一倍频程标称频率时失真测量仪的示值（用百分数表示）和数字电压表的电压示值。

7.2.5 最小源电动势输出声压级

扬声器最小源电动势输出声压级测量方框图如图 2 所示。

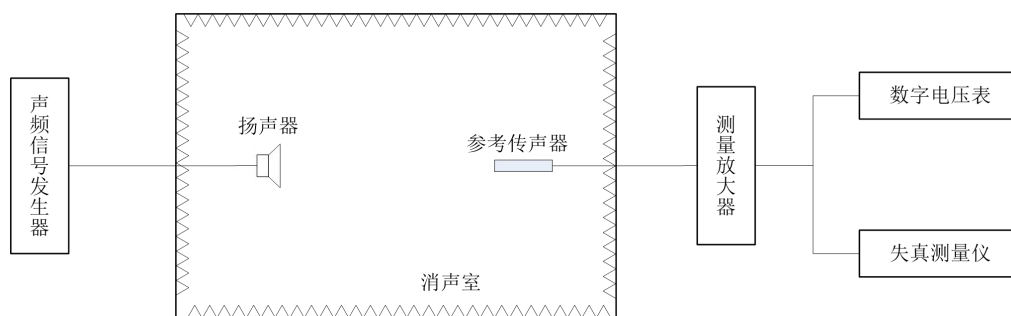


图 2 扬声器最小源电动势输出声压级测量示意图

扬声器最小源电动势输出声压级在消声室中进行测量，扬声器声中心与参考传声器的距离为 1.0 m，先用声校准器对参考传声器和测量放大器所组成的测量系统进行校准。

将扬声器置于正常工作条件下，输入源电动势为 200 mV 的测量频率范围的粉红噪声信号，音量控制器置于最大，记录测量放大器指示的声压级 L_s ，即为最小源电动势输出声压级。

注：被测扬声器正常工作条件：

- a) 测量时，被测扬声器输入端串联使用说明书规定的额定源阻抗；
- b) 产品说明书中有其他规定的，按相关规定设定。

7.2.6 声频率响应

扬声器声频率响应测量装置方框图如图 2 所示。

将扬声器放置于消声室中，扬声器声中心与参考传声器的距离为 1.0 m。将扬声器置于正常工作条件下，输入源电动势为 500 mV，在扬声器工作频率范围内，以正弦扫频形式改变测量信号频率，通过测量放大器分别记录各频率点的测量声压级，计算各频率点的声频率响应，也可用其他等效声学分析系统直接读取声压级计算声频率响应。

注：

1. 对于额定电动势小于 500 mV 或者有其他特殊用途的扬声器，按照产品标准规定的音量控制及输入信号幅值进行测量，并在证书中说明；
2. 正弦扫频信号记录的频率点数目和间隔，可视扬声器用途而定，一般不低三分之一倍频程的间隔。

7.2.7 声压级总失真

扬声器声压级总失真测量方框图如图 2 所示。

将扬声器置于正常工作条件下，输入源电动势为 500 mV，测量范围为工作频率范围的粉红噪声信号，调节音量控制器，使得参考轴线上 1.0 m 处测得声压级达到额定最小源电动势输出声压级 L_s 。

输入源电动势为 500 mV，并在扬声器工作频率范围内，以三分之一倍频程的间隔改变试验信号频率，记录在各三分之一倍频程标称频率时失真测量仪的示值（用百分数表示）。

7.2.8 声压级的短期稳定性

扬声器声压级的短期稳定性测量方框图如图 2 所示。

将测量放大器置于相应的工作量程位置上，时间计权使用 F 档，频率计权置于线性挡，三分之一倍频程调节信号发生器的频率和幅值，待示值稳定后，在 60s 测量时间内，连续读取数字电压表上的电压示值至少 6 次，并按公式 (2) 将电压值转化为分贝值，也可用其他等效声学分析系统直接读取声压级，其测量中声压级最大值与最小值之差[见式 (3)]即为扬声器声压级的短期稳定性。扬声器声压级的短期稳定性应满足 5.7 的要求。

$$L_{wi} = 20 \lg \frac{U_i}{U_0} \quad (2)$$

式中:

U_i ——测量到的电压值, V;

U_0 ——参考电压, $U_0=1\mu\text{V}$;

L_{wi} ——输出声压级, dB。

$$\Delta L_w = L_{w\max} - L_{w\min} \quad (3)$$

式中:

$L_{w\max}$ ——最大声压级, dB;

$L_{w\min}$ ——最小声压级, dB;

ΔL_w ——短期稳定性, dB。

7.2.9 自生噪声

将扬声器放置在消声室中, 扬声器在正常工作条件下, 输入源电动势为 200 mV 的粉红噪声信号, 音量控制器置于最大, 将输入源电动势关闭, 在自由场声场参考轴线上距扬声器声中心 1.0 m 处, 测量 A 计权平均声压级。自身噪声级应在 60 s 间隔内随机读取测量放大器的 10 次观测声级值并计算其平均值。

8 校准结果表达

8.1 校准记录

校准记录应尽可能详尽地记载测量数据和计算结果。

推荐的校准记录的格式见附录 A。

8.2 校准数据处理

所有的数据应先计算, 后修约, 出具校准数据应按如下方法修约:

——输入灵敏度和失真限制的输出功率修约至三位有效数字;

——总谐波失真和声压级总失真的修约间隔为 0.1 %;

——频率响应、最小源电动势输出声压级和声压级稳定性的修约间隔为 0.1

dB;

——自生噪声声级的修约间隔为 1 dB。

8.3 校准证书

经校准的扬声器应出具校准证书, 校准证书应包括的信息及推荐的校准证

书内页格式见附录 B。

8.4 校准结果的测量不确定度

扬声器校准的测量不确定度评定按 JJF 1059.1—2012 的要求评定, 不确定度评定的示例见附录 C。

9 复校时间间隔

扬声器的复校时间间隔一般为 1 年。然而, 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, 因此, 送校单位可根据实际使用情况自主决定复校的时间间隔。

附录 A

校准记录的内容（供参考）

委托单位		委托单位地址	
仪器型号		出厂编号	
制造厂名			

本次校准所依据的技术规范：JJF (沪苏浙皖) 4003—2022 《标准有源扬声器校准规范》

本次校准所使用的主要计量标准器具：

序号	名称	型号规格/测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差	证书编号	有效期限

校准地点：温度： °C 相对湿度： % 静压： kPa

1. 校准前检查： ____。

2. 输入灵敏度

在参考输入频率 1000 Hz 下，输入灵敏度为 ____V（输出失真： ____%）。

3. 失真限制的输出功率

在参考输入频率 1000Hz 下，失真限制的输出功率为 ____W（输出失真： __%，负载阻抗： __Ω，输入电压： ____mV）。

4. 总谐波失真加噪声（参考频率 1000 Hz，输入电压： ____mV）

频率/Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
总谐波失真加噪声/%												
频率/Hz	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	12500	16000	20000
总谐波失真加噪声/%												

5. 最小源电动势输出声压级

输入源电动势为 200 mV 的测量频率范围的粉红噪声信号，在自由声场参考轴线上 1.0m 处，最小源电动势输出声压级为： ____dB。

6. 声频率响应

频率/Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
频率响应/dB												
频率/Hz	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	12500	16000	20000
频率响应/dB												

7. 声压级总失真（输入源电动势为____mV）

频率/Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
总失真/%												
频率/Hz	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	12500	16000	20000
总失真/%												

8. 声压级的短期稳定性

频率/Hz	稳定性/dB
100~20000	

9. 自生噪声：____dB (A)。

本次校准结果的扩展不确定度：

校准： 核验： 校准日期： 年 月 日

附录 B

校准证书的内容

B.1 校准证书至少应包括以下信息:

- a) 标题: “校准证书”;
- b) 校准实验室名称和地址;
- c) 进行校准的地点 (如果与校准实验室的地址不同);
- 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 (如扬声器的型号、规格及出厂编号等);
- 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, 应说明被校准

对象的接收日期;

- h) 校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代码;
- i) 本次校准所用测量标准溯源性及有效性说明;
- j) 校准环境的描述;
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- l) 对校准规范的偏离的说明;
- m) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识;
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- o) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书的声明。

B.2 推荐的扬声器校准证书内页格式如下:

校准证书内页格式（供参考）

校准机构授权说明				
校准所依据的技术文件（代号、名称）				
校准环境条件及地点 地点： 温度： ℃ 湿度： %RH 静压： kPa				
校准使用的计量标准装置				
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	计量标准证书编号	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	计量标准证书编号	有效期至

校准结果：

1. 校准前检查：_____。

2. 输入灵敏度

在参考输入频率 1000 Hz 下，输入灵敏度为_____V（输出失真：_____%）。

3. 失真限制的输出功率

在参考输入频率 1000Hz 下，失真限制的输出功率为_____W（输出失真：_____%，负载阻抗：_____Ω，输入电压：_____mV）。

4. 总谐波失真加噪声 (参考频率 1000 Hz, 输入电压: ____ mV)

频率/Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
总谐波失真加噪声/%												
频率/Hz	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	12500	16000	20000
总谐波失真加噪声/%												

5. 最小源电动势输出声压级

输入源电动势为 200 mV 的测量频率范围的粉红噪声信号, 在自由声场参考轴线上 1.0m 处, 最小源电动势输出声压级为: ____ dB。

6. 声频率响应

频率/Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
频率响应/dB												
频率/Hz	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	12500	16000	20000
频率响应/dB												

7. 声压级总失真 (输入源电动势为 ____ mV)

频率/Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
总失真/%												
频率/Hz	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	12500	16000	20000
总失真/%												

8. 声压级的短期稳定性

频率/Hz	稳定性/dB
100~20000	

9. 自生噪声: ____ dB (A)。

附录 C

测量不确定度评定示例

C.1 引言

本附录以扬声器的声压级总失真测量不确定度评定为例,说明扬声器各校准项目的不确定度评定过程。

C.2 声压级总失真的不确定度评定

C.2.1 测量模型

根据本规范设计的方法,扬声器声压级总失真按公式(C.1)计算:

$$D = D_i \quad (\text{C.1})$$

式中:

D_i ——被测各频点的声压级失真, %;

D ——声压级总失真, %;

式(1)中灵敏系数为: $c = \frac{\partial D_i}{\partial D} = 1$

C.2.3 测量不确定度的评定

C.2.3.1 标准不确定度的 A 类评定

通过传声器测量被测声压级总失真时, A 类不确定度主要来源于测量的重复性,在相同的测量条件下对各频率点上的每个声压级的总失真重复测量 6 次,得到的结果见表 C.1。

表 C.1 声压级总失真测量结果

频率 Hz	总失真/%						标准偏差 %
	1	2	3	4	5	6	
100	1.43	1.48	1.45	1.46	1.49	1.44	0.0232
125	1.35	1.38	1.39	1.37	1.34	1.33	0.0237
160	1.23	1.28	1.30	1.26	1.25	1.24	0.0261
200	1.28	1.24	1.22	1.26	1.23	1.22	0.0240
250	1.55	1.54	1.52	1.51	1.57	1.58	0.0274
315	1.33	1.32	1.35	1.32	1.35	1.34	0.0138
400	1.22	1.20	1.22	1.24	1.23	1.21	0.0122
500	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.91	0.0052
630	2.03	2.03	2.04	2.03	2.04	2.06	0.012
800	1.21	1.20	1.22	1.23	1.23	1.21	0.012
1000	1.18	1.19	1.17	1.19	1.18	1.19	0.0089
1250	1.19	1.19	1.17	1.19	1.19	1.19	0.0090
1600	1.22	1.20	1.22	1.24	1.23	1.21	0.0122
2000	1.18	1.19	1.17	1.19	1.18	1.19	0.0089
2500	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.91	0.0052
3150	1.18	1.19	1.17	1.19	1.18	1.20	0.009
4000	1.19	1.19	1.17	1.19	1.18	1.19	0.0091
5000	1.21	1.21	1.21	1.23	1.20	1.21	0.013
6300	1.00	1.03	1.03	1.03	1.05	1.04	0.017
8000	1.18	1.19	1.18	1.19	1.19	1.20	0.0090
10000	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.91	0.0052
12500	1.21	1.21	1.22	1.23	1.20	1.21	0.013
16000	1.00	1.03	1.03	1.03	1.05	1.04	0.017
20000	2.04	2.05	2.04	2.04	2.04	2.06	0.013

声压级总失真标准偏差均不超过 0.03%。将最大实验标准偏差作为测量重复性误差引入的标准测量不确定度： $u_1 = s_1 = 0.03\%$ 。

C.2.3.2 标准不确定度的 B 类评定

扬声器各频率点上的每个声压级的总失真测量时，B 类不确定度主要来源于：

- 1) 失真度测量仪测量失真引入的标准不确定度分量

失真度测量仪失真测量的最大允许误差为 $\pm 10\%$ ，其引入的标准不确定度按均匀分布估计，则失真度测量仪失真测量误差引入的不确定度分量 u_2 为：

$$u_2 = 10\% / \sqrt{3} = 5.77\%$$

2) 前置放大器失真引入的标准不确定度分量

前置放大器总失真不大于 0.1% ，其引入的标准不确定度按均匀分布估计，则前置放大器失真引入的不确定度分量 u_3 为：

$$u_3 = 0.1\% / \sqrt{3} = 0.06\%$$

3) 测量放大器失真引入的标准不确定度分量

测量放大器总失真不大于 0.1% ，其引入的标准不确定度按均匀分布估计，则测量放大器失真引入的不确定度分量 u_4 为：

$$u_4 = 0.1\% / \sqrt{3} = 0.06\%$$

4) 数字修约引入的标准不确定度分量

计算中修约误差取 0.1% ，按均匀分布估计，则：

$$u_5 = 0.1\% / \sqrt{3} = 0.06\%。$$

4 合成标准不确定度

4.1 不确定度来源汇总

扬声器声压级总失真校准结果的测量不确定度的来源及数值汇总于表 C.2 中。

表 C.2 扬声器声压级总失真测量不确定度的来源及数值

序号	来源	符号	数值/%
1	重复性	u_1	0.03
2	失真测量仪失真测量	u_2	5.77
3	前置放大器失真	u_3	0.06
4	测量放大器失真	u_4	0.06
5	数据修约误差	u_5	0.06

4.2 合成标准不确定度

由于表 C.2 中各分量独立不相关, 故扬声器声压级总失真测量结果的合成标准不确定度为 5.78%

5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则扬声器声压级总失真测量结果的扩展不确定度为:

$$U = 2 \times 5.78\% = 11.6\%, \quad k = 2$$

沪苏浙皖地方校准规范

标准有源扬声器校准规范

JJF (沪苏浙皖) 4003—2022