



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX-20XX

骨导助听器电声参数校准规范

Calibration Specification of Electro-acoustical
Characteristics of Bone-conduction Hearing Aids

(送审稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局 发布

骨导助听器电声参数校准规范

Calibration Specification of Electro-acoustical
Characteristics of Bone-conduction Hearing Aids

JJF XXXX-20XX

归口单位：全国声学计量技术委员会

主要起草单位：中国人民解放军医用声学计量测试研究总站

中国计量科学研究院

参与起草单位：中国食品药品检定研究院

湖北省计量测试技术研究院

上海市计量测试技术研究院

云南省计量测试技术研究院

本规范委托全国声学计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

冀 飞（中国人民解放军医用声学计量测试研究总站）

钟 波（中国计量科学研究院）

参加起草人：

郝 焯（中国食品药品检定研究院）

张冬梅（中国计量科学研究院）

姚秋平（湖北省计量测试技术研究院）

邓 峥（上海市计量测试技术研究院）

吴郅俊（云南省计量测试技术研究院）

目 录

引 言	III
1 范围	1
2 引用文件.....	1
3 术语和计量单位.....	1
3.1 骨导助听器.....	1
3.2 振动力级.....	2
3.3 力耦合器.....	2
3.4 输出力级.....	2
3.5 输出力级频率响应.....	2
3.6 输入声压级为 90dB 时的输出力级 (OFL ₉₀)	2
3.7 参考点	2
3.8 声-力灵敏度	2
3.9 声-力灵敏度级 (AMSL)	3
3.10 高频平均值 HFA	3
3.11 OFL ₉₀ 高频平均值 HFA-OFL ₉₀	3
3.12 满档 HFA-AMSL.....	3
3.13 参考测试频率.....	3
3.14 参考测试增益控制设置.....	3
3.15 参考测试增益.....	3
3.16 基本力级频率响应曲线.....	4
3.17 频率响应范围.....	4
4 概述	4
5 计量特性.....	4
5.1 OFL ₉₀	4
5.2 满档 AMSL.....	4
5.3 频率响应范围.....	4
5.4 谐波失真.....	4
5.5 等效输入噪声.....	5

6	校准条件.....	5
6.1	环境条件.....	5
6.2	测量标准及其他设备.....	5
7	校准项目和校准方法.....	6
7.1	校准项目.....	6
7.2	校准方法.....	6
8	校准结果表达.....	10
8.1	校准记录.....	10
8.2	校准数据处理.....	10
8.3	校准证书.....	10
8.4	校准结果的测量不确定度.....	11
9	复校时间间隔.....	11
	附录 A.....	12
	附录 B.....	15

引 言

JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》和 JJF1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成本大纲制订的基础性系列规范。

本规范主要参考 JJF 1730—2018《气导助听器电声参数校准规范》、SJZ 9143.2-1987《助听器 第9部分 带有骨振器输出的助听器特性测量方法》制定。

本规范为首次发布。

骨导助听器电声参数校准规范

1 范围

本规范适用于骨导助听器（以下简称助听器）电声参数的校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJG 798—2017 骨振器测量用力耦合器

JJF 1001—2011 通用计量术语及定义

JJF 1034—2020 声学计量术语及定义

JJF 1730—2018 气导助听器电声参数校准规范

SJZ 9143.2—1987 助听器 第 9 部分 带有骨振器输出的助听器特性测量方法

GB/T 3102.7 声学的量和单位

GB/T 3947 声学名词术语

GB/T 14199—2010 电声学 助听器通用规范

GB/T 25102.7—2017 电声学 助听器 第 7 部分：助听器生产、供应和交货时质量保证的性能特性测量

GB/T 25102.100—2010 电声学 助听器 第 0 部分：电声特性的测量

IEC 60118-9:2019 电声学 助听器 第 9 部分：骨传导助听器性能特征的测量方法（Electroacoustics-Hearing aids Part 9: Methods of measurement of the performance characteristics of bone conduction hearing aids）

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（包括所有的修订单）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—2011、JJF 1034—2020 和 GB/T 3947 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1 骨导助听器 Bone conduction hearing aids

一类助听器的总称，与气导助听器的区别在于采用骨振器作为输出，通过振动颅骨来产生听觉。

注：骨导助听器通常由传声器、放大器、信号处理器和骨振器组成。

3.2 振动力级 Vibratory force level

传递振动力的均方根值与 $1 \mu\text{N}$ 参考值之比，取以 10 为底的对数再乘以 20，单位：dB。

[SJZ 9143.2—1987，定义 4.3]

3.3 力耦合器 Mechanical coupler

一种能够校准骨振器的装置，在加载规定静态力的条件下与骨振器耦合时，提供规定的力阻抗。其内部的机电换能器可测量骨振器与力耦合器接触面间的交变振动力。

注：也可称为仿真乳突 (Artificial Mastoid)。

[JJG 798—2017，定义 3.2]

3.4 输出力级 Output force level (OFL)

在某一规定频率上待测助听器的骨振器在力耦合器上所产生的振动力级。

3.5 输出力级频率响应 Output force level frequency response

助听器在规定的测试条件下，输入声压级恒定时，助听器在力耦合器上产生的输出力级表示为频率的函数。

3.6 输入声压级为 90dB 时的输出力级 Output force level for an input sound pressure level of 90 dB (OFL₉₀)

输入声压级为 90dB，助听器增益控制置于满档位置时，在某一规定频率上所产生的输出力级。其缩写是 OFL₉₀。

[SJZ 9143.2—1987，定义 4.6]

3.7 参考点 Reference Point

为了确定助听器的位置，需在助听器上选择一个点，通常选择助听器的主要声入口的中心。

3.8 声-力灵敏度 Acousto-mechanical sensitivity

助听器在力耦合器在某一规定频率和规定工作条件下，在力耦合器上产生的振动力与助听器参考点上的声压之比。

[SJZ 9143.2—1987，定义 4.8]

3.9 声-力灵敏度级 Acousto-mechanical sensitivity level (AMSL)

声-力灵敏度与参考灵敏度之比 ($1 \mu\text{N} / 20 \mu\text{Pa}$) 取以 10 为底的对数再乘以 20, 单位: dB。

注:根据本规范进行的测量计算 AMSL 时,可利用以下公式: $\text{AMSL} = \text{OFL} - \text{输入 SPL}$ 。

其中,OFL 以 dB 表示,参考值为 $1 \mu\text{N}$,助听器传声器的声压级以 dB 表示,参考值为 $20 \mu\text{Pa}$ 。

[SJZ 9143.2—1987, 定义 4.9]

3.10 高频平均值 High frequency average (HFA)

在 1000 Hz、1600 Hz 和 2500 Hz 时 AMSL 或 OFL 的平均值, 单位: dB。

3.11 OFL₉₀ 高频平均值 HFA-OFL₉₀

增益控制置于满档位置, 输入声压级为 90 dB 时输出力级的高频平均值。

3.12 满档高频平均声-力灵敏度级 (HFA-AMSL)

增益控制置于满档位置, 助听器的输入/输出关系满足线性条件时, AMSL 的高频平均值。

3.13 参考测试频率 Reference test frequency

参考测试频率通常为 1600 Hz, 在该频率点, 调节增益控制器, 以得到与 OSPL₉₀ 有关的增益控制的参考测试位置。对于某些适用较高参考测试频率的助听器(如高音调助听器), 参考测试频率 2500 Hz。

[GB/T 25102.100—2010, 定义 3.16]

3.14 参考测试增益控制设置 Reference test gain control position

当参考测试频率为 1600 Hz, 输入声压级为 60 dB 时, 调整助听器的增益控制使其在力耦合器上的输出力级比 OFL₉₀ 小 (15 ± 1) dB, 这个位置称参考测试增益位置。

注:

1.如有其它方法或其它频率定义参考测试增益控制位置时, 应明确地加以说明。

2: 如声-力灵敏度级达不到时, 则应采用助听器满档增益控制位置测量。

3.15 参考测试增益 Reference test gain

在参考测试频率点, 增益控制调到参考测试增益控制位置时助听器的声-力灵敏度级。

3.16 基本力级频率响应曲线 Basic force level frequency response curve

增益控制置于参考测试增益位置，输入声压级为 60dB 时，所获得的输出力级频率响应曲线。

[SJZ 9143.2—1987, 4.11]

3.17 频率响应范围

从基本力级频率响应中得到高频平均值（HFA），以 HFA 减去 20 dB 之差，在频率响应曲线上作出一条水平直线并于基本频率响应曲线相交于 f_1 和 f_2 ，下限频率 f_1 到上限频率 f_2 为频率响应范围。

4 概述

助听器是一种专用的声音放大系统，其主要功能是将外界的各种声信号尽可能无失真的传入人耳，从而帮助听力残障人士挖掘和补偿尚存的听力，使其能够感知外界声信号。按照传导方式的不同，助听器分为气导和骨导助听器。与气导助听器相比，骨导助听器的输出是振动力信号，输出力级采用规定的力耦合器进行测量。一般来说，骨导助听器主要由传声器、放大系统和骨振器三部分组成：传声器接收声信号并将声信号转换为电信号，放大器对电信号进行若干倍的放大，骨振器将放大之后的电信号再转换为振动信号。除了上述几个基本单元外，助听器还会包含电源、音量调节单元和其它控制单元等。

5 计量特性

5.1 OFL₉₀

各频率点的 OFL₉₀ 的标称值由制造商产品标准或技术说明书提供，最大允许误差为 ±5.0 dB。

5.2 满档 AMSL

各频率点的满档 AMSL 的标称值由制造商产品标准或技术说明书提供，最大允许误差 ±5.0 dB。

5.3 频率响应范围

频率响应范围的标称值及误差由制造商产品标准或技术说明书提供。

5.4 总谐波失真

总谐波失真值不大于 5.5%。

注：总谐波失真为二次、三次和四次谐波失真之和。

5.5 等效输入噪声

又称固有噪声，不大于制造商产品标准或技术说明书提供的标称值。

注：第 5 章的技术要求不用于合格判定，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

温度：(21~25) °C；

相对湿度：(20~90) %；

静压：(81 ~ 106) kPa；

环境噪声：在测量频率范围内，所有频带的环境噪声应比被测信号至少低 12 dB。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 声频信号发生器

在 100 Hz ~ 10 kHz 频率范围内，频率示值误差不应超过 $\pm 0.2\%$ ，总谐波失真不应大于 0.3%，输出幅值示值误差不应超过 ± 0.3 dB，校准期间幅值漂移不应超过 ± 0.1 dB。

6.2.2 声频功率放大器

在 100 Hz ~ 10 kHz 频率范围内，频率响应不应超过 ± 0.3 dB，总谐波失真不应大于 0.3%。

6.2.3 声源

经频响压缩后，声源在测试点产生的声压级范围至少应覆盖 50 dB ~ 90 dB；最小步进不大于 5 dB；声压级误差在 200 Hz ~ 3000 Hz 频率范围内不应超过 ± 1.5 dB，在 3000 Hz ~ 5000 Hz 频率范围内不应超过 ± 2.5 dB。

声源输出声信号的频率示值误差不应超过 $\pm 2\%$ 。

当声源声压级 ≤ 70 dB 时，总谐波失真不应超过 0.5%；当声源声压级 > 70 dB 且 ≤ 90 dB 时，总谐波失真不应超过 1%。

6.2.4 力耦合器

满足 JJG 798—2017 的要求。

6.2.5 声分析仪

在 20 Hz~40 kHz 频率范围内，频率响应误差不应超过 ± 0.2 dB；示值误差不应超过 ± 0.2 dB。

6.2.6 声校准器

满足 JJG 176-2005 中对 1 级声校准器的要求。

6.2.7 测量传声器

满足 JJG 175-2015 中对工作标准传声器的要求。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

仪器的校准项目见表 1。实验室应根据送校仪器的类型和客户的需求选择校准其中的适用项目。

表 1 助听器校准项目一览表

序号	项目名称	技术要求条款	校准方法条款
1	OFL ₉₀	5.1	7.2.2
2	满档 AMSL	5.2	7.2.3
3	频率响应及频率响应范围	5.3	7.2.4
4	总谐波失真	5.4	7.2.5
5	等效输入噪声	5.5	7.2.6

7.2 校准方法

7.2.1 校准前准备工作

采用目视和手动操作的方法检查：被校助听器应无影响正常工作的机械损伤。开关按键等控制器件应定位准确、接触可靠，开机后应能正常工作。

在校准助听器各项参数前，需使用声校准器对测量传声器灵敏度进行校准和调节，如图 1 所示。测量传声器输出连接到声分析仪上，用声校准器正向直接耦合到测量传声器上，调节声分析仪上的灵敏度数值，使声分析仪指示声级的偏离不超过声校准器示值的 ± 0.2 dB。

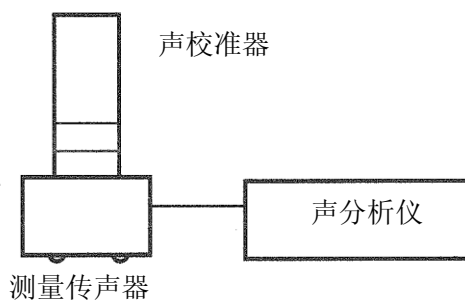


图 1 灵敏度调节示意图

7.2.2 OFL₉₀

OFL₉₀的校准如图 2 所示。其步骤如下：

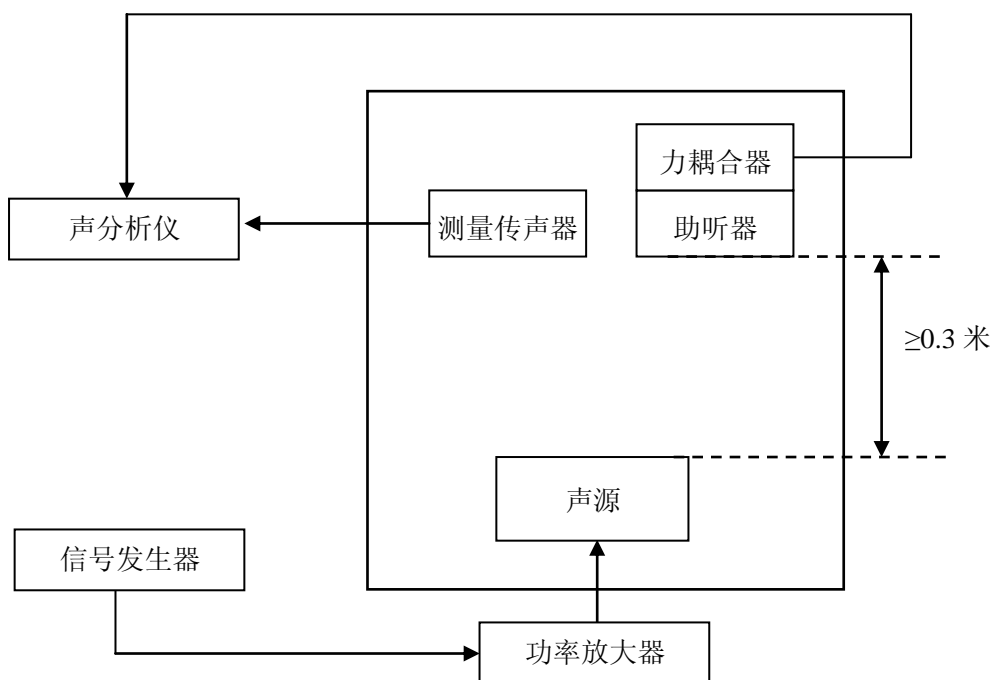


图 2 助听器电声参数校准示意图

- a) 将助听器的增益设为满档增益，其它控制器置于厂家规定的位置；
- b) 在给定频率点，调节声源的输出信号，使助听器的输入声压级达到 90 dB，记录力耦合器的输出力级，即该频率点的 OFL₉₀；
- c) 在 200 Hz~8000 Hz 频率范围内，取 1/3 倍频程上的频率点（也可根据客户需求增加其它频率点），改变声源频率，重复上述步骤，测量得到各个频率点的 OFL₉₀。

注：一般以 (2.5 ± 0.3) N 的静态力将骨振器加到力耦合器上，如实际静态力情况不同，应在校准报告中说明。

7.2.3 满档 AMSL

为了保持线性输入/输出条件，应用足够低的输入声压级，在满档增益控制位置处测量力耦合器的输出力级。校准如图 2 所示。其步骤如下：

- a) 将助听器的增益设为满档增益，其他控制器置于厂家规定的位置；
- b) 在给定频率点，调节声源的输出信号，使助听器的输入声压级达到 60 dB，如果输入/输出不满足线性条件，则可将输入声压级调至 50 dB 或更小，按公式 (1) 计算得到该频率点的满档力增益：

$$G_{\text{full}} = F_{\text{out}} - L_{\text{in}} \quad (1)$$

式中， G_{full} ——满档 AMSL；

F_{out} ——输入/输出满足线性关系时，助听器的输出力级，dB；

L_{in} ——输入/输出满足线性关系时，助听器的输入声压级，dB。

注：在 200 Hz~8000 Hz 频率范围内，如果输入声压级改变 10 dB，所引起的输出力级改变在 (10 ± 1) dB 内，则可认为输入/输出是线性的，该输入声压级应在校准报告中说明。

- c) 在 200 Hz~8000 Hz 频率范围内，改变声源频率，保持输入声压级恒定，重复上述过程，测量得到各频率点的满档 AMSL；

7.2.4 频率响应及频率响应范围

频率响应包括基本频率响应和综合频率响应。校准如图 2 所示。其步骤如下：

- a) 按照 3.13、3.14 和 3.15 的定义，将助听器的增益设为参考测试增益，其他控制器置于厂家规定的位置；
- b) 在 200 Hz~8000 Hz 频率范围内，保持输入声压级为 60 dB 不变，记录各频率点下力耦合器的输出力级，得到 60 dB 频率响应，即基本力级频率响应；
- c) 根据客户需要改变输入声压级，重复上述过程，得到其它输入声压级下的频率响应。将所有输入声压级下的频率响应绘制在同一张图上，即为综合频率响应。
- d) 按照 3.17 定义，由基本力级频率响应校准结果计算得到高频平均值 HFA，

进而得到频率响应范围。

7.2.5 总谐波失真

校准如图 2 所示。其步骤如下：

a) 将增益控制器置于参考测试增益位置，其他控制器的位置最好置于能产生最宽频带的位置，并在校准报告中说明这些控制器的位置；

b) 在给定频率点，通过调节声频信号发生器的输出，使助听器的输入声压级达到 70 dB 并保持不变，测量各个频率下输出中各次谐波分量；按公式 (2) 和 (3) 计算 n 次谐波失真和总谐波失真；

$$\text{J J F} \quad (2)$$

$$D_{T-70\text{dB}} = \sqrt{\frac{p_2^2 + p_3^2 + p_4^2 + \dots}{p_1^2 + p_2^2 + p_3^2 + p_4^2 + \dots + p_m^2}} \quad (3)$$

式中， p_1 为基频力， p_2 、 p_3 、 p_4 、...、 p_n 分别为二次谐波、三次谐波、四次谐波、...、n 次谐波力，单位 N。

注：至少应测量到四次谐波失真，即 $m \geq 4$ 。

c) 如需测量其他频率或输入声压级下谐波失真，改变输入声压级，重复以上过程。

7.2.6 等效输入噪声

助听器等效输入噪声由等效输入噪声级表示，校准如图 2 所示。其步骤如下：

a) 将助听器的增益设为参考测试增益，记录其它控制档位的位置；（无须将增益控制置于精确位置）

b) 在参考测试频率上，使输入声压级为 60 dB (L_{N1})，记录力耦合器的输出力级 (F_{NS})；

c) 关闭声源，记录力耦合器的输出力级 (F_{N2})；

d) 等效输入噪声级按公式 (4) 计算

$$F_N = F_{N2} - (F_{NS} - L_{N1}) \quad (4)$$

式中， F_N ——等效输入噪声级，dB；

F_{N2} ——关闭声源状态下，力耦合器测量的输出力级，dB；

F_{NS} ——输入声压级为 60 dB 情况下，力耦合器测量的输出力级，dB；

L_{N1} ——输入声压级， $L_{N1}=60$ dB。

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。

8.2 校准数据处理

所有的数据应先计算后修约。出具校准数据按如下方法修约：

a) 以下项目的数据应修约到 0.1 dB：

——OFL₉₀；

——满档 AMSL；

——频率响应；

——等效输入噪声。

b) 总谐波失真：数据应修约到 0.1%：

8.3 校准证书

助听器经过校准后出具校准证书，校准证书应至少包括以下信息：

a) 标题：“校准证书”；

b) 证书的唯一性标识（如编号）、页码及总页数的标识；

c) 校准实验室的名称和地址；

d) 进行校准的日期；

e) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；

f) 送检客户的名称和地址；

g) 被校对象的型号、规格及出厂编号；

h) 校准所依据的技术规范的名称及代号；

i) 校准所用计量标准溯源性及有效性的说明；

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。

8.4 校准结果的测量不确定度

助听器校准结果的测量不确定度按 JJF1059.1 的要求评定，不确定度评定示例见附录 B。

9 复校时间间隔

助听器的复校时间间隔建议为 1 年。复校时间间隔的长短取决于其使用情况，如环境条件、使用频率及测量对象等，因此，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

助听器校准证书的内页格式

推荐的助听器校准证书的内页格式见 A.1。

证书编号××××××-××××					
校准机构授权说明					
校准的技术依据 JJF ××××-20×× 骨导助听器电声参数校准规范					
校准环境条件及地点					
地 点					
温 度	℃	相对湿度	%	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	标准器 证书编号	有效期至	
第×页 共×页					

图 A.1 校准证书内页的格式

证书编号××××××-××××

校准结果

一、外观检查:

二、输入声压级为 90 dB 时的输出力级 (OFL₉₀):

频率/Hz	200	250	315	400	500	630	800	1000	...
OFL ₉₀ /dB									

测量不确定度: _____

三、满档声-力灵敏度 (AMSL):

频率/Hz	200	250	315	400	500	630	800	1000	...
输入声压级/dB									
输出力级/dB									
G _{full} /dB									

测量不确定度: _____

四、频率响应:

频率/Hz	200	250	315	400	500	630	800	1000	...
输入声压级/dB									
输出力级/dB									
频率响应/dB									

下限频率: _____; 上限频率: _____。

测量不确定度: _____

图 A.1 校准证书内页的格式 (续 1)

证书编号××××××-××××

校准结果

六、总谐波失真：

频率/Hz	200	250	315	400	500	630	800	1000	...
输入声压级/dB									
二次谐波失真/%									
三次谐波失真/%									
四次谐波失真/%									
总谐波失真/%									

七、等效输入噪声：

输入声压级 L_{N1} /dB	输出力级 F_{NS} /dB	输出力级 F_{N2} /dB	等效输入噪声级 F_N /dB

以下空白

第×页 共×页

图 A.1 校准证书内页的格式（续 2）

附录 B

校准结果的不确定度评定实例

骨导助听器校准的各项电声参数,均通过测量骨导助听器输出力级直接或间接得到。因此,骨导助听器校准结果的不确定度评定均可归结为骨导助听器输出力级的不确定度评定。以下以 OFL_{90} 为例,对测量结果作不确定度评定。其余测量参数的不确定度评定与此类似。

B.1 测量重复性引入的不确定度

因助听器耦合位置、声场校准等因素引起的重复性测量标准差,可以通过在相同的测量条件下,对被测样品 OFL_{90} 重复测量 6 次,计算标准偏差得到。测量数据见表 B.1。将所有频率点测量结果均值的最大标准偏差(即 8000 Hz 上的标准偏差)作为测量重复性引入的不确定度分量,即 $u_1=0.54$ dB。

B.1 OFL_{90} 测量结果

频率(Hz)	第 1 遍	第 2 遍	第 3 遍	第 4 遍	第 5 遍	第 6 遍	平均值	标准偏差
250	84.3	83.9	84.5	84.0	84.0	83.8	84.11	0.25
500	100.3	100.7	100.6	100.5	100.2	100.8	100.52	0.24
800	108.6	108.8	109.0	108.9	108.7	108.3	108.73	0.24
1000	102.1	102.2	102.3	102.4	101.7	102.1	102.14	0.23
1600	97.6	97.2	97.8	97.6	97.4	97.4	97.50	0.21
2000	95.6	96.0	96.0	95.8	95.8	95.5	95.80	0.19
2500	95.2	94.6	95.0	95.1	95.2	94.9	95.01	0.23
3150	93.6	93.8	93.9	93.8	94.0	93.7	93.79	0.15
4000	90.8	90.3	90.5	91.2	90.4	90.9	90.69	0.35
5000	88.9	89.0	88.7	89.0	88.5	89.1	88.86	0.23
5500	87.5	87.3	87.6	87.5	86.9	87.2	87.34	0.27
6000	85.7	85.6	85.4	85.6	85.1	85.0	85.39	0.28
6300	86.4	85.3	85.9	85.6	85.8	86.2	85.87	0.39
8000	83.2	83.6	84.4	84.5	84.5	83.8	84.02	0.54

B.2 由测量设备引入的不确定度

- a) 力耦合器不确定度为 1.5dB, 已知包含因子($k=3$), $u_2=U/k=1.5/3=0.50$ dB。
- b) 测量传声器的测量不确定度为 0.3 dB($k=2$), 则 $u_3 = 0.3/2 = 0.15$ dB ;
- c) 声分析仪频率响应为 ± 0.2 dB, 以均匀分布考虑 $k=\sqrt{3}$, 则

$$u_3 = 0.2/\sqrt{3} \approx 0.12 \text{ dB}。$$

d) 声分析仪的示值误差小于 $\pm 0.2 \text{ dB}$ ，以均匀分布考虑 $k=\sqrt{3}$ ，则

$$u_4 = 0.1/\sqrt{3} \approx 0.12 \text{ dB}。$$

B.3 标准不确定度的合成

不确定度来源汇总与合成见下表。

OFL₉₀测量的不确定度来源汇总表（单位：dB）

序号	不确定度汇总	
	来源	数值
1	标准偏差 u_1	0.54
2	力耦合器 u_2	0.50
3	测量传声器 u_3	0.15
4	声分析仪频率响应 u_4	0.12
5	声分析仪示值误差 u_5	0.12

以上分量独立无关，合成标准不确定度为

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2} \approx 0.77 \text{ dB}。$$

B.4 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度 U 为：

$$U = 2 \times 0.77 = 1.6 \text{ dB}$$