

湖北省地方计量技术规范

JJF (鄂) **—20**

真耳分析仪校准规范

Calibration Specification for Instruments of Real-Ear Measurement

(送审稿)

20**-**-**发布

20**-**-**实施

湖北省市场监督管理局 发布

真耳分析仪校准规范

Calibration Specification for Instruments of
Real-Ear Measurement

JJF (鄂) **—20**

归口单位：湖北省市场监督管理局

主要起草单位：湖北省计量测试技术研究院

武汉金华之声听力技术有限公司

参加起草单位：武汉普创数据科技有限公司

岩联（武汉）科技有限公司

湖北省计量测试技术研究院荆门分院

湖北省计量测试技术研究院荆州分院

本规范委托湖北省计量测试技术研究院负责解释

本规范主要起草人：

王 飞（湖北省计量测试技术研究院）

姚秋平（湖北省计量测试技术研究院）

汤 雄（湖北省计量测试技术研究院）

广华平（武汉金华之声听力技术有限公司）

参加起草人：

焦富清（武汉普创数据科技有限公司）

王承成（岩联（武汉）科技有限公司）

陈谊丽（湖北省计量测试技术研究院荆门分院）

严建福（湖北省计量测试技术研究院荆州分院）

目 录

引 言	II
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语	1
3.1 真耳分析 real-ear measurement	1
3.2 参考点 reference point	2
3.3 声增益 acoustic gain	2
3.4 真耳无助听响应 REUR (real-ear unaided response)	2
3.5 真耳堵塞增益 REOG (real-ear occluded gain)	2
3.6 真耳助听增益 REAG (real-ear aided gain)	2
4 概述	2
5 计量特性	2
5.1 声源幅频特性	2
5.2 声源稳定性	3
5.3 声源总失真	3
5.4 真耳无助听响应	3
5.5 真耳堵塞增益	3
5.6 真耳助听增益	3
6 校准条件	3
6.1 环境条件	3
6.2 校准用仪器设备	3
7 校准项目和校准方法	4
7.1 校准项目	4
7.2 校准前准备	4
7.3 校准方法	5
8 校准结果表达	9
8.1 校准数据处理	9
8.2 校准证书	9
8.3 校准结果的测量不确定度	9
9 复校时间间隔	9
附录 A 校准证书的内容	10
附录 B 测量不确定度评定示例	13

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》、JJF 1059.1—2012《测量不确定评定与表示》共同构成支撑校准规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

真耳分析仪校准规范

1 范围

本规范适用于真耳分析仪校准。有真耳分析功能的仪器可以参照本规范进行校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJG 175-2015 工作标准传声器（静电激励法）

JJG 176-2022 声校准器

JJG 1172-2019 工作标准传声器(自由场比较法)

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

JJF 1970 测试声源校准规范

GB/T 20242—2006 声学-助听器真耳声特性的测量方法

IEC 61669—2015 电声学-助听器真耳声学性能特征的测量（Electroacoustics-Measurement of real-ear acoustical performance characteristics of hearing aids）

ISO 4869-6—2019 声学-听力保护器-第6部分:确定有源降噪耳罩的声衰减（Acoustics-Hearing protectors-Part 6: Determination of sound attenuation of active noise reduction earmuffs）

ISO 11904-1—2002 声学-近耳声源发声强度测定-第1部分：真耳传声器技术（Acoustics-Determination of sound immission from sound sources placed close to the ear-Part 1: Technique using a microphone in a real ear (MIRE technique) ）

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范。

3 术语

JJF 1001—2011、JJF 1034—2020 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1 真耳分析 real-ear measurement

为了分析佩戴助听器或降噪耳机等听力辅助设备后近鼓膜处和耳外参考点之间

声压级差,在人外耳道中进行的声学测量。

3.2 参考点 reference point

参考点是真耳分析仪校准过程中,测量传声器声中心和真耳分析仪参考传声器声压参考点在声场中放置的位置。

3.3 声增益 acoustic gain

在规定的频率和工作状态下,真耳分析仪探管传声器在探测点测得的声压级与参考传声器在参考点上测得的声压级之差值。

3.4 真耳无助听响应 REUR(real-ear unaided response)[GB/T 20242-2006 3.28]

在规定的测试信号级,在耳道不堵塞时,测量点处的声压级与频率的关系。

3.5 真耳堵塞增益 REOG(real-ear occluded gain)[GB/T 20242-2006 3.31]

在戴助听器但它不工作时,测量点处的声压级和测试信号级之差(dB)与频率的关系。

3.6 真耳助听增益 REAG(real-ear aided gain)[GB/T 20242-2006 3.33]

在戴助听器且它工作时,测量点处的声压级和测试信号级之差(dB)与频率的关系。

4 概述

真耳分析仪主要功能是在外耳道中测量近鼓膜处声压级,分析各种声信号传入人耳的响应变化,可用于人的听力辅助诊断、助听器验配、耳机降噪等特性测试。真耳分析仪主要由声源、探管传声器、参考传声器以及数据处理模块组成,一般结构如图1所示,工作频率范围一般为(125~8000)Hz。

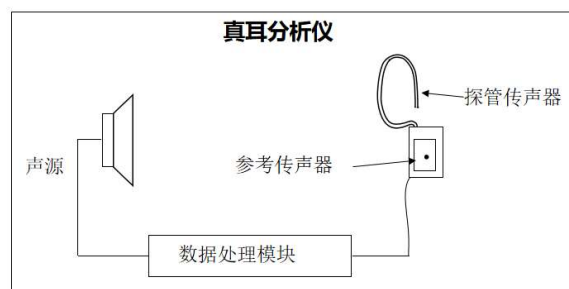


图1 真耳分析仪典型结构示意图

5 计量特性

5.1 声源幅频特性

真耳分析仪的声源在（125～8000）Hz 内的幅频特性一般不超过 ± 6 dB。

5.2 声源稳定性

真耳分析仪的声源在（125～8000）Hz 内在 180 s 内辐射声压级改变量一般不超过 0.2 dB。

5.3 声源总失真

真耳分析仪的声源在频率低于 500 Hz，声压级分别为 65 dB 和 80 dB 时，总失真不大于 5.0 %；在（500～4000）Hz 频率范围内声压级分别为 65 dB 和 80 dB 时，总失真不大于 3.0 %。

5.4 真耳无助听响应

真耳分析仪的真耳无助听响应在（125～8000）Hz 内误差一般不超过 ± 3 dB。

5.5 真耳堵塞增益

真耳分析仪的真耳堵塞增益在（125～8000）Hz 内误差一般不超过 ± 5 dB。

5.6 真耳助听增益

真耳分析仪的真耳助听增益在（125～8000）Hz 内误差一般不超过 ± 5 dB。

6 校准条件

6.1 环境条件

- a) 静压：80 kPa ～105 kPa；
- b) 空气温度：18 °C～26 °C；
- c) 相对湿度：25 %～90 %；

6.2 校准用仪器设备

6.2.1 测量传声器

满足 JJG 1172-2019 或 JJG 175-2015 中对 1 级自由场工作标准传声器的要求。

6.2.2 声校准器

满足 JJG 176-2022 中对 1 级声校准器的要求；声压级：94dB；声压级准确度： ± 0.25 dB；频率：1000Hz。

6.2.3 声分析仪

在 20 Hz ～ 20 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。

6.2.4 校准插入式耳机用堵塞耳模拟器

以下简称耳模拟器。频率范围一般为 100 Hz ~10 kHz；应符合 IEC 60318-4:2010 的相关规定。频率响应的测量不确定度优于 1.0 dB。

6.2.5 消声室/半消声室

截止频率低于 125 Hz。在使用频率范围内，本底噪声比被测信号低至少 10 dB。自由场半径大于 1.0 m。

6.2.6 气导助听器

输入声压级为 90 dB 时的输出声压级误差不超过 ± 3.0 dB。满档声增益误差不超过 ± 3.0 dB。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

真耳分析仪校准项目见表 1。

表 1 校准项目一览表

序号	项目名称	技术要求条款号	校准方法的条款号
1	声源幅频特性	5.1	7.3.1
2	声源稳定性	5.2	7.3.2
3	声源总失真	5.3	7.3.3
4	真耳无助听响应 (REUR)	5.4	7.3.4
5	真耳堵塞增益 (REOG)	5.5	7.3.5
6	真耳助听增益 (REAG)	5.6	7.3.6

7.2 校准前准备

a) 采用目视的方法检查被校准真耳分析仪应无影响正常工作的机械损伤，开机后应能正常工作。

b) 在校准真耳分析仪各项参数前，需使用声校准器分别对测量传声器和耳模拟器的灵敏度进行校准和调节，如图 2 所示。测量传声器或耳模拟器的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或耳模拟器上，调节声分析仪上的传感器灵敏度数值设置，使声分析仪的示值为声校准器的校准值。

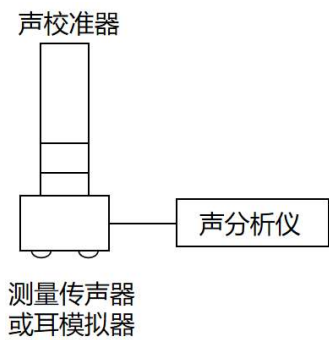


图 2 灵敏度校准示意图

7.3 校准方法

7.3.1 声源幅频特性

真耳分析仪声源的幅频特性校准测量如图 3 所示。将声源置于消声室自由场环境中，参考点一般距离声源 0.5 m。保持测试声源电压信号恒定，按倍频程中心频率改变频率，在参考点用测量传声器和声分析仪测量声源每个频率的输出声压级，得出声源的幅频特性。

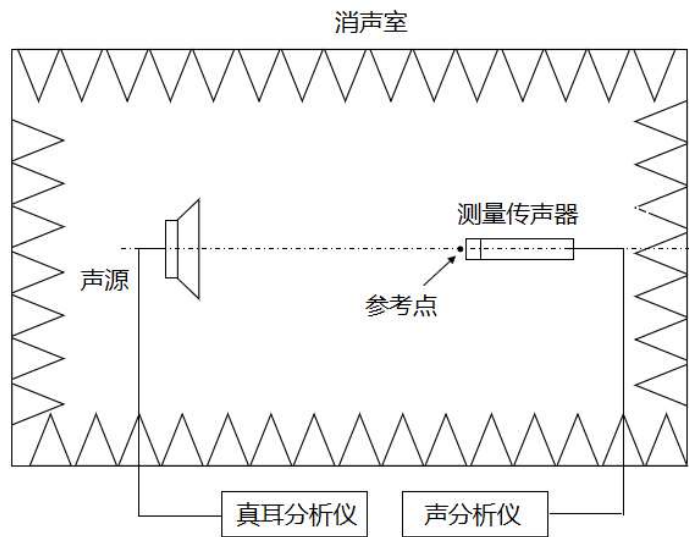


图 3. 真耳分析仪声源校准示意图

7.3.2 声源稳定性

真耳分析仪的声源稳定性校准测量如图 3 所示。在参考点用测量传声器和声分析仪测量声源输出声压级。改变声源频率和幅值，使声源工作在上限频率、下限频率及

参考频率上, 声分析仪的示值稳定并且声压级不小于 80 dB。然后间隔 30 s 读取声压级, 至少记录 6 次, 声压级的最大值与最小值之差即为声源的稳定性。如无特别声明, 参考频率为 1 000 Hz。

7.3.3 声源总失真

真耳分析仪的声源总失真校准测量如图 3 所示。声源频率设置为校准频率点, 在参考点用测量传声器和声分析仪测量输出声压级。声分析仪的示值稳定并且声压级分别为 65 dB 和 80 dB。在声分析仪上测量声压总信号 (含基波) 电压幅值, 和二、三、四、五次谐波幅值, 按公式 (1) 计算的总失真。

$$D = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + V_5^2}}{V} \quad (1)$$

式中:

D ——总失真, %;

V_2 ——二次谐波幅度值, mV;

V_3 ——三次谐波幅度值, mV;

V_4 ——四次谐波幅度值, mV;

V_5 ——五次谐波幅度值, mV;

V ——总信号 (含基波) 电压值, mV。

7.3.4 真耳无助听响应 (REUR)

7.3.4.1 真耳分析仪的真耳无助听响应校准如图 4 所示。保持耳模拟器的导声腔与声源的声轴线垂直, 将真耳分析仪的探管传声器导管置于耳模拟器导声腔内传声器的声中心处, 导管末端与耳模拟器的传声器平面平行。

7.3.4.2 真耳分析仪的声源产生白噪声或粉红噪声信号, 由声分析仪中读取耳模拟器中 1/3 倍频程声压级 $L_{in}(f)$, 以 1000 Hz 为参考频率, 按 $L_{in}(f) - L_{in}(f = 1000\text{Hz})$ 计算 REUR 的参考值。

7.3.4.3 在真耳分析仪中读取真耳无助听响应 (REUR) 曲线中 1/3 倍频程的声压级示值 $L_m(f)$, 以 1000 Hz 为参考频率, 按 $L_m(f) - L_m(f = 1000\text{Hz})$ 计算 1/3 倍频程中心频率点上的频率响应作为 REUR 的测量值。

7.3.5.4 计算真耳无助听响应测量值和参考值之差, 取绝对值最大的差值, 作为真耳无助听响应的误差。

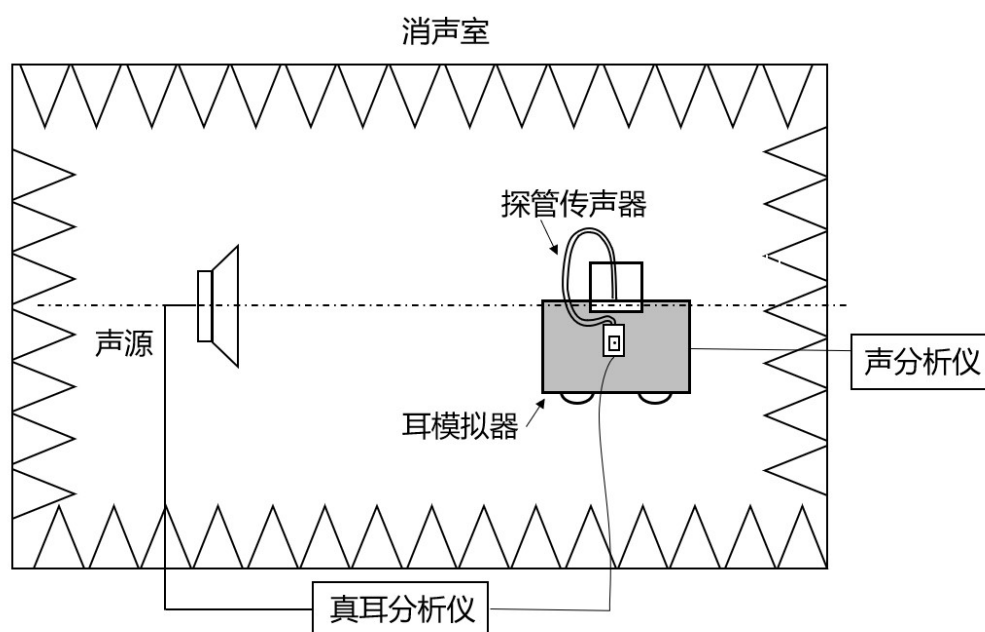


图 4 真耳分析仪声响应校准示意图

7.3.5 真耳堵塞增益 (REOG)

7.3.5.1 将声源置于消声室自由场环境中, 根据真耳分析仪厂家推荐的使用距离设置参考点, 参考点一般距离声源 0.5 m。按照真耳分析仪说明的方法将参考传声器和探管传声器置于参考点处进行真耳分析仪的自校准。

7.3.5.2 真耳分析仪的真耳堵塞增益测量如图 5 所示。将测量传声器置于参考点相对于声源 0° 方向上, 真耳分析仪的声源产生白噪声或粉红噪声信号, 用声分析仪读取测量传声器的 1/3 倍频程声压级 $L_{out}(f)$ 。

7.3.5.3 真耳分析仪的参考传声器替代测量传声器置于参考点上, 参考传声器的声孔所在平面垂直于声源声中心和参考点的连线。将真耳分析仪的探管传声器导管置于耳

模拟器导声腔内传声器的声中心处，导管末端与耳模拟器的传声器平面平行。使用隔声材料填充导声腔与导管之间的间隙。保持真耳分析仪的声源输出不变，用声分析仪读取耳模拟器中 1/3 倍频程声压级 $L_{in}(f)$ ，计算 $Gr(f) = L_{out}(f) - L_{in}(f)$ 作为 REOG 的参考值。

7.3.5.4 在真耳分析仪中读取真耳堵塞响应 (REOG) 曲线中 1/3 倍频程的声压级示值 $G_m(f)$ 作为 REOG 的测量值。

7.3.5.5 计算真耳分析仪 REOG 的测量值和参考值之差，取绝对值最大的差值，作为真耳堵塞增益的误差。

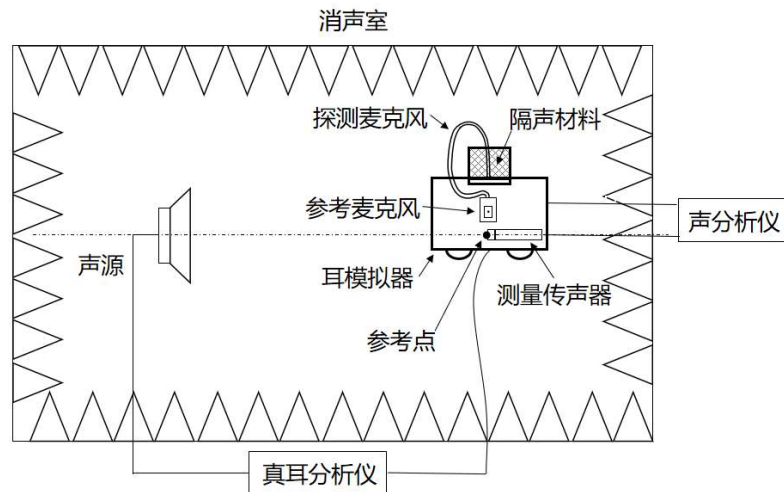


图 5. 真耳分析仪声增益校准示意图

7.3.6 真耳助听增益 (REAG)

7.3.6.1 校准前先按照 7.3.5.1 进行真耳分析仪的参考传声器和探测传声器自校准。

7.3.6.2 真耳分析仪助听增益校准如图 5 所示。先按 7.3.5.2 记录测量传声器的 1/3 倍频程声压级 $L_{out}(f)$ 。真耳分析仪的参考传声器替代测量传声器置于参考点上，参考传声器的声孔所在平面垂直于声源声中心和参考点的连线。将真耳分析仪的探管传声器导管置于耳模拟器导声腔内传声器的声中心处，导管末端与耳模拟器的传声器平面平行。将气导助听器置于导声腔内，使用隔声材料填充导声腔中的间隙。保持真耳分析仪的声源输出不变，调节气导助听器增益至最大值，由声分析仪读取耳模拟器的 1/3 倍频程声压级 $L_{in}(f)$ 。计算 $G_r(f) = L_{out}(f) - L_{in}(f)$ 作为真耳分析仪的 REAG 的参考值。

7.3.6.3 在真耳分析仪中读取真耳助听增益 (REAG) 曲线中 1/3 倍频程的声压级示值作为 REAG 的测量值 $G_m(f)$ 。

7.3.6.4 计算真耳分析仪 REAG 的测量值和参考值之差, 取绝对值最大的差值, 作为真耳助听增益的误差。

8 校准结果表达

8.1 校准数据处理

所有数据应先计算, 后修约, 出具校准结果的数据应修约至小数点后一位。

8.2 校准证书

推荐的校准证书内页格式见附录 A。

8.3 校准结果的测量不确定度

校准结果的测量不确定度按 JJF 1059.1-2012 的要求评定, 不确定度评定示例见附录 B。

9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用保养情况、使用者、仪器本身质量等因素所决定, 送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔, 推荐复校时间间隔为 1 年。

附录 A 校准证书的内容

A.1 校准证书至少应包括以下信息：

- a) 标题，如“校准证书”；
- b) 校准实验室的名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- 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；
- g) 进行校准的日期；
- h) 如果与校准结果的有效应用有关时，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) 环境条件的描述；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- p) 未经校准实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

A.2 推荐的真耳分析仪的校准证书内页格式见图 A.1

校准结果 共 页 第 页

一 外观检查:

二 声源幅频特性:

频率/Hz	-	125	160	200	250	315	400	500	630	800
频率/Hz	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000

三 声源稳定性: dB

参考频率: 1000 Hz,

上限频率___ Hz,

下限频率___ Hz

四 声源总失真:

65 dB 时:

频率/Hz	125	250	500	1000	2000	4000
总失真						

80 dB 时:

频率/Hz	125	250	500	1000	2000	4000
总失真						

五 真耳无助听响应:

频率/Hz	-	125	160	200	250	315	400	500	630	800
声压级/dB										
频率/Hz	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000
声压级/dB										

最大值___ dB, 测量不确定度:

图 A.1 校准证书内页的格式

附录 B 测量不确定度评定示例

真耳分析仪校准规范中的主要计量特性为真耳无助听响应、真耳堵塞增益和真耳助听增益。由于它们的不确定度评定方法和过程类似,因此仅对真耳助听增益的测量不确定度评定,真耳无助听响应、真耳堵塞增益也可参照以下方法评定。

B.1 测量原理

真耳助听增益的测量原理是用耳模拟器、隔声材料和助听器模拟真人耳道内外声压变化的场景,利用耳模拟器内置的传声器和导声腔外的测量传声器分别测量耳模拟器内外的声压级,将其作为参考值与真耳分析仪的真耳助听增益曲线的测量值进行比较。

B.2 测量模型

真耳助听增益的测量模型:

$$\Delta G(f) = G_m(f) - G_r(f) = G_m(f) - L_{out}(f) + L_{in}(f)$$

式中: $\Delta G(f)$ ——真耳分析仪在中心频率为 f 的三分之一倍频程带的真耳助听增益误差, dB;

$G_m(f)$ ——真耳分析仪测量的真耳助听增益曲线上中心频率为 f 的三分之一倍频程带的声压级示值, dB;

$L_{out}(f)$ ——测量传声器测量的中心频率为 f 的三分之一倍频程带的声压级示值, dB; ;

$L_{in}(f)$ ——耳模拟器测量的中心频率为 f 的三分之一倍频程带的声压级示值, dB;

B.3 输入量标准不确定度的评定和不确定度分量

引入测量不确定度的来源:耳模拟器和测量传声器、声分析仪、数据修约、测量重复性。

(1) 耳模拟器和测量传声器引入的标准不确定度分量 u_1

根据征求意见稿中校准前准备,耳模拟器和传声器在校准真耳分析仪各项参数前,先用同一个声校准器对灵敏度进行校准和调节。由声校准器的溯源证书可知引入的标准不确定度为 0.2 dB, 即:

$$u_1 = 0.2 \text{ dB}$$

(2) 声分析仪引入的标准不确定度分量 u_2

根据 7.2 校准条件的要求,声分析仪连接耦合腔内传声器,测量声压级频率响应误差不超过 ± 0.5 dB。按区间半宽 0.5 dB,假设为均匀分布, $k = \sqrt{3}$,声分析仪引起的标准不确定度分量为:

$$u_2 = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.29 \text{ dB}$$

(3) 数据修约引入的标准不确定度分量 u_3

真耳分析仪的示值分辨力为 0.1 dB，因此征求意见稿中校准结果的数据修约间隔为 0.1 dB。按半宽区间 0.05 dB，可假设为均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，则由数据修约引起的标准不确定度分量为：

$$u_3 = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029 \text{ dB}$$

(4) 测量重复性 u_4

按照 7.3.6 对真耳分析仪的真耳助听增益重复测量 8 次，记录三分之一倍频程带的的数据如表 B.1 所示，以其实验室标准偏差作为重复测量引入的测量不确定度，结果见表 B.2。

表 B.1 真耳分析仪的真耳助听增益的重复性测量结果

频率 /Hz	真耳助听增益 /dB								平均值 /dB	标准偏差 /dB
	1	2	3	4	5	6	7	8		
125	0.71	0.62	0.17	0.12	0.58	0.32	0.19	0.59	0.41	0.24
160	0.11	0.13	-0.11	-0.12	0.21	-0.21	0.14	0.04	0.02	0.15
200	0.21	0.1	0.52	0.23	0.07	0.24	0.19	0.15	0.21	0.14
250	0.28	0.19	0.02	0.27	0.14	0.09	0.12	0.1	0.15	0.09
315	0.33	0.78	-0.2	0.27	0.37	0.62	-0.14	0.59	0.33	0.35
400	0.37	0.29	0.19	-0.26	0.4	-0.18	-0.21	-0.15	0.06	0.28
500	0.82	0.71	0.02	0.14	0.72	0.42	0.25	0.17	0.41	0.31
630	0.58	0.6	-0.2	0.12	-0.17	0.44	-0.11	0.24	0.19	0.33
800	0.25	0.57	0.61	-0.42	-0.52	0.13	-0.59	-0.28	-0.03	0.48
1000	0.59	-0.12	-0.35	0.14	-0.34	-0.26	0.37	-0.41	-0.05	0.37
1250	0.1	-0.09	0.34	0.37	-0.02	-0.05	0.18	0.27	0.14	0.18
1600	0.26	0.41	-0.36	0.27	0.19	-0.39	-0.32	-0.13	-0.01	0.33
2000	0.37	0.49	-0.11	-0.32	-0.12	0.04	-0.03	0.39	0.09	0.29
2500	0.42	0.39	-0.04	-0.17	-0.33	0.07	0.29	0.12	0.09	0.27
3150	0.33	0.28	0.55	0.21	0.11	0.06	0.23	0.44	0.28	0.16
4000	0.2	-0.12	0.19	0.09	-0.07	0.17	0.2	0.08	0.09	0.13
5000	0.33	0.37	0.28	0.12	0.08	0.14	0.11	0.11	0.19	0.11

6300	0.3	0.29	0.01	0.02	0.03	0.07	0.05	0.04	0.10	0.12
8000	-0.04	-0.03	-0.02	0.03	-0.02	0.02	0.03	-0.05	-0.01	0.03

B.4 不确定度分量汇总表

真耳助听增益的测量不确定度来源及标准不确定度数值汇总于表 B.2 中。

表 B.2 真耳助听增益的测量不确定度来源及数值

序号	来源	符号	1 号数值/dB
1	耳模拟器和测量传声器	u_1	0.2
2	声分析仪	u_2	0.29
3	数据修约	u_3	0.029
4	测量重复性	u_4	0.48
合成标准不确定度 (dB)		u_c	0.6
扩展不确定度 ($k=2$) / (dB)		U	1.2

B.5 合成标准不确定度

由于表 B.2 中各测量不确定度分量独立无关, 故真耳助听增益的合成标准不确定度 $u_c = 0.6$ dB。

B.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则真耳助听增益的扩展不确定度 $U = 1.2$ dB。

B.7 测量不确定度报告

真耳助听增益在以 800 Hz 为中心频率的三分之一倍频程带上为 -0.03 dB 时, 测量的扩展不确定度为 $U = 1.2$ dB, $k=2$ 。