



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 389—2003

仿 真 耳

Artificial Ears

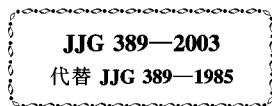
2003 - 09 - 23 发布

2004 - 03 - 23 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

仿真耳检定规程

Verification Regulation of
Artificial Ears



本规程经国家质量监督检验检疫总局 2003 年 09 月 23 日批准，并自 2004 年 03 月 23 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：中国计量科学研究院

本规程委托全国声学计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

帅正萍 （中国计量科学研究院）

陈剑林 （中国计量科学研究院）

参加起草人：

张美娥 （中国计量科学研究院）

邱建华 （中国计量科学研究院）

白 滢 （中国计量科学研究院）

郑晓媛 （中国计量科学研究院）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 概述	(1)
4 计量性能要求	(1)
4.1 频率范围	(1)
4.2 声耦合腔	(1)
4.3 静压力均衡	(1)
4.4 传声器	(1)
5 通用技术要求	(2)
5.1 材料	(2)
5.2 铭牌、标志和使用说明书	(2)
6 计量器具控制	(3)
6.1 首次检定和后续检定	(3)
6.2 使用中的检验	(6)
附录 A 检定证书和检定结果通知书内页格式	(8)
附录 B 仿真耳测量不确定度的评定	(10)

仿真耳检定规程

本规程依据国际标准 IEC60318—1998《电声—人头和人耳模拟器》。

1 范围

本规程适用于仿真耳的首次检定、后续检定和使用中检验。

2 引用文献

本规程引用下列文献：

IEC60318.1—1998《Part1: Ear simulator for the calibration of supra-aural earphones》

IEC60318.2—1998《Part2: An interim acoustic coupler for the calibration of audiometric earphones in the extended high-frequency range》

IEC60318.3—1998《Part3: Acoustic coupler for the calibration of supral - aural earphones used in audiometry》

IEC61094.1—1992《Part1: Specifications for laboratory standard microphones》

IEC61094.4—1995《Part4: Specifications for working standard microphones》

JJF1059—1999《测量不确定度评定与表示》

使用本规程时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 概述

仿真耳也称耳模拟器，它是由一个经校准过、并规定型号的声压型测量传声器和声耦合腔或由模拟耳道口声阻抗的声学组件组成，用于对耳机的客观校准。

4 计量性能要求

4.1 频率范围

仿真耳的频率范围一般为 20Hz ~ 10kHz；对仅用于检定测听耳机的仿真耳，频率范围可在 125Hz ~ 8kHz 之间；对用于扩展高频范围内检定测听耳机用的临时耦合腔，扩展频率范围应为 8kHz ~ 16kHz。

4.2 声耦合腔

声耦合腔的结构和有效体积应符合 IEC60318：1998 的相关规定。

4.3 静压力均衡

当用一个孔塞塞住或打开静压力均压孔时，在 100Hz ~ 10kHz 频率范围内，在耳机端产生的声压差应不大于 0.2dB。

4.4 传声器

仿真耳的传声器应符合 IEC61094—4：1995 的技术要求，其频率响应的允差规定见表 1，传声器的声压灵敏度级（包括测量系统）在规定频率范围内应是已知的，其测量扩展不确定度应不大于 0.2dB ($k=2$)。

5 通用技术要求

5.1 材料

仿真耳应使用坚硬的、稳定的非磁性材料（如黄铜）制成。

5.2 铭牌 标志和使用说明书

5.2.1 仿真耳应具有以下清晰而耐久的标志：

- 1) 制造商的名称；
- 2) 产品的型号和序列号。

5.2.2 非供操作者使用的部件，应采用密封或标记的方法加以保护，以免影响仿真耳的准确度。

5.2.3 每台仿真耳应附有使用说明书，包括所有附件的资料。

表 1 传声器频率响应的允差 (dB)

频率/Hz	类型 WS1	类型 WS2
20	± 0.5	± 0.5
25	± 0.5	± 0.5
31.5	± 0.5	± 0.5
40	± 0.5	± 0.5
50	± 0.5	± 0.5
63	± 0.5	± 0.5
80	± 0.5	± 0.5
100	± 0.5	± 0.5
125	± 0.5	± 0.5
160	± 0.5	± 0.5
200	± 0.5	± 0.5
250	参考	参考
315	± 0.5	± 0.5
400	± 0.5	± 0.5
500	± 0.5	± 0.5
630	± 0.5	± 0.5
800	± 0.5	± 0.5
1000	± 0.5	± 0.5
1250	± 0.5	± 0.5
1600	± 0.5	± 0.5
2000	± 0.5	± 0.5

表 1 (续)

频率/Hz	类型 WS1	类型 WS2
2500	± 0.75	± 0.5
3150	± 1.0	± 0.5
4000	± 1.25	± 0.5
5000	± 1.5	± 0.75
6300	± 1.75	± 1.0
8000	± 2.0	± 1.25
10000	$+2.0; -6.0$	± 1.5
12500	$+2.0; -10.0$	± 1.75
16000	$+2.0; -\infty$	± 2.0

注：“WS1”表示1英寸*传声器，“WS2”表示1/2英寸传声器。

6 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定、后续检定以及使用中的检验。

6.1 首次检定和后续检定

6.1.1 检定条件

6.1.1.1 计量标准和主要配套设备

1) 声校准器

声校准器的准确度等级应符合 JJG 176—1995《声校准器检定规程》中规定的 0 级或 1 级的要求。

2) 实验室标准传声器

在检定频率上，实验室标准传声器的声压灵敏度级校准的测量扩展不确定度应优于 $(0.05 \sim 0.1) \text{ dB}$ ($k=2$)。

3) 正弦信号发生器

正弦信号发生器的频率范围为 $20\text{Hz} \sim 16\text{kHz}$ ，幅频特性优于 $\pm 0.1\text{dB}$ ，输出信号的谐波失真不大于 0.1% ，在检定期间的幅值稳定度优于 $\pm 0.02\text{dB}$ 。

4) 测量放大器

测量放大器的频率范围为 $20\text{Hz} \sim 16\text{kHz}$ ，频率响应优于 $\pm 0.2\text{dB}$ ，谐波失真不大于 0.1% ，在检定期间的稳定度优于 $\pm 0.02\text{dB}$ 。

5) 带通滤波器

带通滤波器应符合 JJG 449—2001《倍频程和 1/3 倍频程滤波器检定规程》中规定的 0 级或 1 级倍频程和 1/3 倍频程滤波器的要求。

6) 交流电压表

在检定频率范围内，其最大允许误差应优于 $\pm 0.5\%$ 。

7) 有源耦合腔

检定频率上，在 5V 有效值电压输入时，有源耦合腔中声信号的谐波失真应不大于 1%。

8) 高阻抗标准耳机

高阻抗标准耳机的频率范围为 20Hz ~ 20kHz，谐波失真不大于 0.1%，在检定期间的声压稳定度优于 $\pm 0.02\text{dB}$ 。

9) 参考仿真耳

参考仿真耳的频率范围为 50Hz ~ 10kHz，声压灵敏度级校准的测量扩展不确定度应优于 1.0dB ($k=3$)。

10) 气压计

在检定环境条件内，气压计的最大允差应优于 $\pm 0.2\text{kPa}$ 。

11) 温度计

在检定环境条件内，温度计的最大允差应优于 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 。

12) 湿度计

在检定环境条件内，湿度计的最大允差应优于 $\pm 4\%$ 。

6.1.1.2 参考环境条件

温度：23℃

相对湿度：50%

气压：101.3kPa

6.1.1.3 检定环境条件

温度：23℃ $\pm 3^\circ\text{C}$

相对湿度：50% $\pm 20\%$

气压：101.3kPa $\pm 3.0\text{kPa}$

6.1.2 检定项目

仿真耳的检定项目见表 2。

表 2 仿真耳的首次检定、后续检定和使用中检验项目一览表

项目	首次检定	后续检定	使用中检验
外观检查	+	+	+
使用说明书	+	-	-
频率范围	+	+	-
声耦合腔	+(1/3 倍频程)	+(倍频程)	-
静压力均衡	+	-	-
传声器频率响应	+(1/3 倍频程)	+(倍频程)	-
灵敏度调节 (包括测量系统)	-	-	+

注：“+”表示需要检定的项目，“-”表示不需要检定的项目。

6.1.3 检定方法

6.1.3.1 外观检查

仿真耳应具有清晰的铭牌和标志,包括产品名称、型号、序列号和制造商的名称等,外观不应有机械损伤。

6.1.3.2 频率范围与声耦合腔

被检仿真耳声耦合腔的有效体积的差异是通过与参考仿真耳的声压量值比较求得,参考仿真耳(包括传声器)与被检仿真耳的类型应相同。检定装置如图1所示。

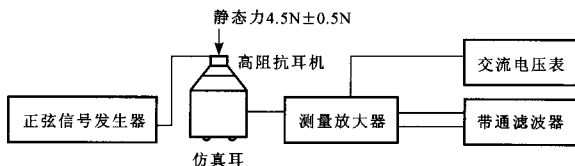


图1 声耦合腔检定示意图

1) 用气导听力基准中的参考仿真耳,将高阻抗标准耳机正向耦合到参考仿真耳上,并在耳机上垂直施加 $4.5\text{N} \pm 0.5\text{N}$ 的作用力,在仿真耳规定频率范围内的标称 $1/3$ 倍频程(首次检定)或倍频程(后续检定)中心频率以及 750Hz 和 1.5kHz 频率点上,分别调节正弦信号发生器的频率和电压输出,使测量放大器上有一个合适的指示,并读取交流电压表上的示值。

2) 将被检仿真耳的声耦合腔(不包括仿真耳的前置放大器和传声器)替代参考仿真耳的声耦合腔,重复 6.1.3.2) 的步骤,并保持正弦信号发生器的频率和电压输出与上述相同,读取交流电压表上的示值。

3) 计算出被检仿真耳耦合腔与参考仿真耳耦合腔相应的声压级差值,即为被检仿真耳在规定频率范围内、由耦合腔有效体积的偏差所引起的声压级的偏差。

6.1.3.3 静压力均衡

检定装置如图1所示。

1) 将被检仿真耳的均压孔用孔塞(或针)塞住,将高阻抗标准耳机正向耦合到被检仿真耳上,并在耳机上垂直施加 $4.5\text{N} \pm 0.5\text{N}$ 的作用力,在 $100\text{Hz} \sim 10\text{kHz}$ 频率范围内的标称 $1/3$ 倍频程中心频率以及 750Hz 和 1.5kHz 频率点上,分别调节正弦信号发生器的频率和电压输出,使测量放大器上有一个合适的指示。

2) 将被检仿真耳的均压孔打开,重复 6.1.3.3) 的步骤,并保持正弦信号发生器的频率和电压输出与上述相同,分别读取测量放大器上的声压级示值。

3) 计算被检仿真耳用孔塞(或针)塞住均压孔时读取的声压级与打开均压孔时读取的声压级之差,在 $100\text{Hz} \sim 10\text{kHz}$ 频率范围内应不大于 0.2dB 。

6.1.3.4 传声器频率响应

被检仿真耳中的传声器的声压灵敏度级是与一经互易法校准过的实验室标准传声器

在有源耦合腔中通过比较法求得,有源耦合腔可同时插入实验室标准传声器和被检传声器,也可仅插入一只传声器,用替代法比较,检定装置分别见图 2a、图 2b。

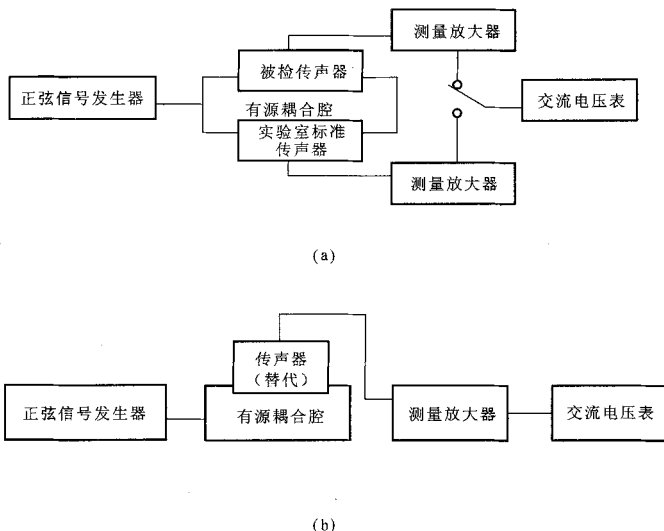


图 2 传声器频率响应检定示意图

1) 在仿真耳规定的频率范围内,按标称 $1/3$ 倍频程中心频率以及 750Hz 和 1.5kHz 频率点上,分别调节正弦信号发生器的频率,并相应读取实验室标准传声器在交流电压表上的示值及被检传声器在交流电压表上的示值,并计算出相应声压级的差值。

2) 当用图 2a 所示的装置进行检定时,应将实验室标准传声器(包括前置放大器)与被检传声器(包括前置放大器)在相应的测量放大器上进行对换,重复上述 1) 的步骤,然后求出二次差值的平均值。

3) 用被检传声器与实验室标准传声器的差值,加上实验室标准传声器的已知声压灵敏度级,即为被检传声器的声压灵敏度级。

4) 被检传声器在各频率点上相对 250Hz 时的声压灵敏度级,即为传声器的频率响应,其频率响应不应超过表 1 的规定。

6.1.4 检定结果的处理

经检定合格的仿真耳发给检定证书;检定不合格的仿真耳发给检定结果通知书,并注明不合格的项目,检定证书和检定结果通知书的内页格式见附录 A。

6.1.5 检定周期

仿真耳的检定周期一般不超过 2 年。

6.2 使用中的检验

6.2.1 检验项目

使用中检验的项目见表 2。

6.2.2 检验方法

6.2.2.1 外观检查

外观检查应符合本规程 6.1.3.1 条的要求。

6.2.2.2 灵敏度调节

检定装置如图 3 所示，仿真耳的输出连接到测量放大器上，用声校准器正向直接耦合到仿真耳中的传声器上，调节测量放大器的增益，使测量放大器的示值为声校准器的校准值。

注：如传声器的声压灵敏度较低，可按传声器的修正值进行修正。

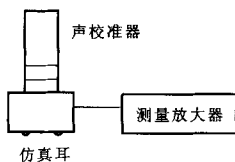


图 3 灵敏度调节检验示意图

附录 A

检定证书和检定结果通知书内页格式

A.1 检定证书内页格式

检定结果					共 页 第 页		
一、外观检查：							
二、频率范围与声耦合腔：							
频率/Hz	20	31.5	63	125	250	500	750
声压级差 值/dB							
频率/kHz	1	1.5	2	4	8	10	16
声压级差 值/dB							
三、传声器频率响应（参考 250Hz）：							
频率/Hz	20	31.5	63	125	250	500	750
频率响应 /dB							
频率/kHz	1	1.5	2	4	8	10	16
频率响应 /dB							

检定结果

共 页 第 页

检定环境条件:

温 度: _____ °C

相对湿度: _____ %

气 压: _____ kPa

检定依据: JJG 389—2003 仿真耳检定规程

测量扩展不确定度:

使用的标准装置名称:

说明:

A.2 检定结果通知书内页格式

检定结果通知书内页格式的栏目与检定证书相同,但在检定结果通知书中应标明不合格项目。

附录 B

仿真耳测量不确定度的评定

仿真耳频率响应的测量误差主要由声耦合腔的腔体积允差所引起的声压级偏差及传声器的频率响应允差两部分组成。以下就测听频率范围内对仿真耳的声耦合腔以及传声器频率响应的试验结果作特定的不确定度分析。

B1 耦合腔

B1.1 数学模型

声耦合腔试验依据规程 6.1.3.2 条检定方法, 被检仿真耳与参考仿真耳声耦合腔中所产生的声压级差值 ΔL_p 可用以下数学公式表达。

$$\Delta L_p = L_p - L_{p_0} \quad (1)$$

式中: L_p ——被检仿真耳声耦合腔中产生的声压级, dB;

L_{p_0} ——参考仿真耳声耦合腔中产生的声压级, dB。

B1.2 灵敏度系数

由 (1) 式可知, L_p 与 L_{p_0} 互不相干, 其方差为

$$u_c^2(\Delta L_p) = c_1^2 u^2(L_p) + c_2^2 u^2(L_{p_0})$$

式中灵敏度系数为

$$c_1 = \frac{\partial (\Delta L_p)}{\partial (L_p)} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial (\Delta L_p)}{\partial (L_{p_0})} = -1$$

B1.3 A 类标准不确定度的评定

试验在标称倍频程中心频率上进行, 对 4152 仿真耳、频率范围为 63Hz ~ 10kHz, 对 4153 仿真耳、频率范围为 31.5Hz ~ 16kHz, 分别独立测量 6 次, 测量得到的声压级差值分别见表 B.1 和表 B.2, 最大标准偏差为 0.12dB。

表 B.1 4152/1387368 仿真耳的声压级差值 (dB)

次数	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	10kHz
1	0.00	+0.04	+0.04	+0.09	+0.04	+0.04	+0.03	+0.05	-0.17
2	+0.04	+0.04	+0.04	+0.09	+0.04	+0.04	+0.03	+0.09	-0.17
3	-0.04	+0.04	+0.04	+0.09	+0.04	+0.04	+0.03	+0.15	-0.18
4	-0.04	+0.04	+0.04	+0.09	+0.04	+0.04	+0.03	+0.10	-0.19
5	-0.04	0.00	+0.04	+0.04	+0.04	+0.04	+0.03	+0.07	-0.18
6	-0.09	0.00	+0.04	+0.04	+0.04	+0.04	0.00	+0.08	-0.18
$\bar{x}$	-0.03	+0.03	+0.04	+0.07	+0.04	+0.04	+0.03	+0.09	-0.18
σ_{n-1}	0.04	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.03	0.01

表 B.2 4153/1092216 仿真耳的声压级差值 (dB)

次数	31.5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
1	+0.35	+0.58	+0.79	+0.60	+0.03	+0.73	+1.54	-0.36	-0.01	-0.09
2	+0.26	+0.50	+0.87	+0.57	+0.05	+0.79	+1.41	-0.38	-0.07	-0.19
3	+0.26	+0.42	+0.80	+0.57	+0.14	+0.73	+1.43	-0.38	-0.09	-0.03
4	+0.26	+0.42	+0.72	+0.44	-0.08	+0.67	+1.38	-0.39	-0.05	-0.16
5	+0.09	+0.33	+0.72	+0.41	-0.05	+0.52	+1.55	-0.38	-0.06	+0.08
6	+0.35	+0.50	+0.79	+0.61	+0.05	+0.58	+1.41	-0.38	-0.06	+0.10
$\bar{x}$	+0.26	+0.46	+0.78	+0.53	+0.02	+0.67	+1.45	-0.38	-0.06	-0.05
σ_{n-1}	0.09	0.09	0.06	0.09	0.08	0.10	0.07	0.01	0.03	0.12

B1.4 B类标准不确定度评定

检定采用比较法,与正弦信号发生器幅频特性、测量放大器的频率响应无关,因此误差来源主要有以下两部分组成。

1) 气导听力零级基准的频率范围为 50Hz ~ 10kHz,测量扩展不确定度小于 1.0dB ($k=3$),则 $u_2 = 1.0/3 = 0.333$ (dB)。

2) 交流电压表的最大允许误差为 $\pm 0.5\%$ (0.043dB),以均匀分布考虑,取 $k=\sqrt{3}$,则 $u_3 = 0.043/\sqrt{3} = 0.025$ (dB),以独立测量二次考虑声耦合腔测量的不确定度来源汇总于表 B.3。

表 B.3 声耦合腔测量的不确定度来源汇总表

序号	标准不确定度		
	来源	符号	数值/dB
1	声压级差值测量	$u_1 = s_1$	0.12
2	气导听力零级基准传递误差	u_2	0.333
3	交流电压表测量误差	u_3	0.025

B1.5 合成标准不确定度

以上分量独立无关,合成标准不确定度为

$$u_{c1}^2(\Delta Lp) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2 + 2u_3^2$$

$$u_{c1}(\Delta Lp) = \sqrt{(0.12)^2 + (0.333)^2 + 2 \times (0.025)^2} = 0.356(\text{dB})$$

B2 传声器频率响应

B2.1 A类标准不确定度的评定

传声器频率响应试验依据规程 6.1.3.4 条检定方法,用被检仿真耳的传声器与实验室标准传声器进行声压灵敏度级的比较。分别独立测量 6 次,测量得到的被检仿真耳的

传声器声压灵敏度级见表 B.4 和表 B.5, 在 20Hz ~ 10kHz 频率范围内, 其最大标准偏差为 0.07dB。

表 B.4 4144/1304811 传声器的声压灵敏度级 (dB)

次数	20Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	10kHz
1	-26.42	-26.37	-26.44	-26.44	-26.26	-26.37	-25.22	-25.25	-28.55	-31.87
2	-26.44	-26.43	-26.44	-26.44	-26.25	-26.37	-25.19	-25.16	-28.58	-31.92
3	-26.44	-26.43	-26.44	-26.42	-26.27	-26.37	-25.19	-25.19	-28.53	-31.91
4	-26.43	-26.43	-26.43	-26.41	-26.31	-26.29	-25.19	-25.16	-28.61	-31.86
5	-26.42	-26.42	-26.43	-26.40	-26.31	-26.37	-25.20	-25.20	-28.59	-31.85
6	-26.26	-26.43	-26.44	-26.43	-26.31	-26.36	-25.21	-25.12	-28.55	-31.90
$\bar{x}$	-26.40	-26.42	-26.44	-26.42	-26.29	-26.36	-25.20	-25.18	-28.57	-31.89
σ_{n-1}	0.07	0.02	0.01	0.02	0.03	0.03	0.01	0.04	0.03	0.03

表 B.5 4134/1157672 传声器的声压灵敏度级 (dB)

次数	20Hz	31.5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
1	-38.22	-38.17	-38.14	-37.55	-37.54	-37.56	-37.54	-37.50	-37.31	-36.68	-36.71
2	-38.20	-38.15	-38.13	-37.54	-37.54	-37.56	-37.54	-37.51	-37.31	-36.69	-36.74
3	-38.20	-38.16	-38.13	-37.54	-37.54	-37.55	-37.54	-37.50	-37.31	-36.66	-36.61
4	-38.19	-38.15	-38.13	-37.54	-37.54	-37.55	-37.54	-37.50	-37.32	-36.68	-36.81
5	-38.18	-38.14	-38.13	-37.55	-37.55	-37.55	-37.54	-37.51	-37.31	-36.70	-36.69
6	-38.18	-38.15	-38.13	-37.57	-37.54	-37.55	-37.54	-37.50	-37.31	-36.68	-36.67
$\bar{x}$	-38.20	-38.15	-38.13	-37.55	-37.54	-37.55	-37.54	-37.50	-37.31	-36.68	-36.71
σ_{n-1}	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.07

B2.2 B 类标准不确定度评定

检定采用比较法, 与正弦信号发生器幅频特性、测量放大器的频率响应无关, 因此误差来源主要有以下两部分组成。

1) 空气声声压基准: 对 1/2 英寸电容传声器, 在 20Hz ~ 20kHz 频率范围, 测量扩展不确定度小于 0.08dB ($k=2$); 对 1 英寸传声器, 在 20Hz ~ 10kHz 频率范围内, 测量扩展不确定度小于 0.08dB ($k=2$), 则 $u_2 = 0.08/2 = 0.04$ (dB)

2) 交流电压表的最大允许误差为 $\pm 0.5\%$ (0.043dB), 以均匀分布考虑, 取 $k=\sqrt{3}$, 则 $u_3 = 0.043/\sqrt{3} = 0.025$ (dB), 以独立测量二次考虑。

传声器频率响应测量的不确定度来源汇总于表 B.6。

表 B.6 传声器频率响应测量的不确定度来源汇总表

序号	标准不确定度		
	来源	符号	数值/dB
1	被检传声器声压灵敏度级测量	$u_1 = s_1$	0.07
2	实验室标准传声器的传递误差	u_2	0.040
3	交流电压表测量误差	u_3	0.025

B2.3 合成标准不确定度

以上分量独立无关，合成标准不确定度为

$$u_{c2} = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + 2 \cdot u_3^2}$$

$$= \sqrt{(0.07)^2 + (0.040)^2 + 2 \times (0.025)^2} = 0.088 \text{ (dB)}$$

B3 仿真耳频率响应的测量不确定度

仿真耳的测量不确定度主要来源于声耦合腔和传声器频率响应测量的不确定度两部分。由上述分布已知：

声耦合腔 u_{c1} 的合成标准不确定度为 0.356dB；

传声器频率响应 u_{c2} 的合成标准不确定度为 0.088dB；

以上分量独立无关，则仿真耳频率响应的测量标准不确定度：

$$u_c = \sqrt{u_{c1}^2 + u_{c2}^2} = \sqrt{(0.356)^2 + (0.088)^2} = 0.367 \text{ (dB)}$$

取包含因子 $k=2$ ，其扩展不确定度 $U = ku_c = 2 \times 0.367 = 0.73 \text{ (dB)}$ ，取 $U = 1.0 \text{ (dB)}$ ($k=2$)。