



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 790—2005

实验室标准传声器 (耦合腔互易法)

Laboratory Standard Microphones
(Coupler Reciprocity Method)

2005 - 10 - 09 发布

2006 - 04 - 09 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

**实验室标准传声器
(耦合腔互易法) 检定规程**

**Verification Regulation of
Laboratory Standard Microphones
(Coupler Reciprocity Method)**

**JJG 790—2005
代替 JJG 790—1992**

本规程经国家质量监督检验检疫总局 2005 年 10 月 9 日批准，并自 2006 年 4 月 9 日起施行。

归口单位： 全国声学计量技术委员会

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

本规程起草人：

张美娥 （中国计量科学研究院）

陈剑林 （中国计量科学研究院）

沈 扬 （中国计量科学研究院）

帅正萍 （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 术语和计量单位	(1)
3.1 实验室标准传声器	(1)
3.2 开路电压	(1)
3.3 传声器的声压灵敏度	(1)
3.4 传声器的声压灵敏度级	(2)
3.5 电转移阻抗	(2)
3.6 声转移阻抗	(2)
4 概述	(2)
5 计量性能要求	(2)
5.1 声压灵敏度级	(2)
5.2 声压灵敏度级的频率响应	(2)
5.3 稳定度	(2)
6 通用技术要求	(3)
6.1 材料和结构	(3)
6.2 标志和出厂校准资料	(3)
7 计量器具控制	(3)
7.1 检定条件	(3)
7.2 检定项目	(4)
7.3 检定方法	(4)
7.4 检定结果的处理	(8)
7.5 检定周期	(8)
附录 A 声压灵敏度级计算的修正项	(9)
附录 B 检定证书和检定结果通知书的内页格式	(16)
附录 C 测量不确定度评定实例	(18)

实验室标准传声器（耦合腔互易法）检定规程

本规程依据国际电工委员会标准 IEC 61094 - 1: 2000《测量传声器 第1部分：实验室标准传声器规范》和 IEC 61094 - 2: 1992《测量传声器 第2部分：采用互易技术对实验室标准传声器声压校准的原级方法》对 JJG790—1992《标准电容传声器（耦合腔互易法）》进行修订。

1 范围

本规程适用于实验室标准传声器的首次检定、后续检定和使用中的检验。

2 引用文献

本规程引用下列文献：

JJF 1001—1998《通用计量术语及定义》

JJF 1059—1999《测量不确定度评定与表示》

JJG 449—2001《倍频程和 1/3 倍频程滤波器》

JJG 176—2005《声校准器》

JJG 175—1998《测试电容传声器》

GB/T 3102.7—1993《声学的量和单位》

GB/T 3947—1996《声学名词术语》

IEC 61094 - 1: 2000 Measurement microphones Part 1: Specifications for laboratory standard microphones

IEC 61094 - 2: 1992 Measurement microphones Part 2: Primary method for pressure calibration of laboratory standard microphones by the reciprocity technique

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 术语和计量单位

本规程采用 GB/T 3102.7 中规定的声学的量和单位，以及 GB/T 3947 中规定的相关术语和定义。根据本规程需要，引用 IEC 61094 - 1: 2000 和 IEC 61094 - 2: 1992 中的以下术语和定义。

3.1 实验室标准传声器（laboratory standard microphone）

能够用原级校准方法（如密闭耦合腔互易法）校准到很高的准确度，其机械尺寸和电声性能（特别是时间稳定性和环境条件影响）有严格要求的电容传声器。

3.2 开路电压（open - circuit voltage）

当传声器与规定的接地屏蔽结构联结但没有其他负载时，用插入电压技术在传声器电输出端测得的交流电压。单位为伏（V）。

3.3 传声器的声压灵敏度（pressure sensitivity of a microphone）

在给定环境条件下，对给定频率的正弦信号，传声器输出端的开路电压与均匀作用

在传声器膜片表面上（即传声器的声端）的声压之比。

注：该比值为一复数，当不计相位时，声压灵敏度可用其模量表示。单位为伏每帕（V/Pa）。

3.4 传声器的声压灵敏度级（pressure sensitivity level of a microphone）

声压灵敏度模量 $|M_p|$ 与参考灵敏度之比。

注：当声压灵敏度级 L_{Mp} 用分贝表示时为： $L_{Mp} = 20 \lg \left(\frac{|M_p|}{M_r} \right)$ ，其中参考灵敏度 M_r 为 1V/Pa。

3.5 电转移阻抗（electrical transfer impedance）

对由二只声耦合传声器构成的系统，接收传声器的开路电压与发射传声器电端的输入电流之比。单位为欧姆（ Ω ）。

3.6 声转移阻抗（acoustic transfer impedance）

对由二只声耦合传声器构成的系统，作用在接收传声器膜片上的声压与发射传声器产生的短路体积速度之比。单位为帕·秒每立方米（ $\text{Pa} \cdot \text{s}/\text{m}^3$ ）。

4 概述

实验室标准传声器是一种能够用原级方法（耦合腔互易法或自由场互易法）将灵敏度校准到很高准确度的电容传声器。其机械尺寸和电声性能（特别在时间稳定性和环境条件影响方面）有严格的要求。实验室标准传声器主要作为空气声声压计量基、标准装置中的标准器，用于声压量值的复现和传递。

5 计量性能要求

5.1 声压灵敏度级

实验室标准传声器的声压灵敏度级见表 1。

表 1 实验室标准传声器的计量性能要求

计量性能	LS1P	LS2P
声压灵敏度级（参考 1V/Pa） （200Hz ~ 500Hz）	$(-26 \pm 2) \text{ dB}$	$(-37 \pm 3) \text{ dB}$
声压灵敏度级的频率响应 （最高和最低灵敏度级之差 $\leq 2\text{dB}$ 的） 频率范围	$(10 \sim 8000) \text{ Hz}$	$(10 \sim 20000) \text{ Hz}$

注：表中 LS1P 相应于 IEC61094-1:2000 中的 LS1P (new)。

5.2 声压灵敏度级的频率响应

实验室标准传声器声压灵敏度级的频率响应见表 1。

5.3 稳定度

在 500Hz，实验室标准传声器的声压灵敏度级变化量应小于每年 0.02dB，包括测量所引入的不确定度后，应不超过每年 0.04dB。

6 通用技术要求

6.1 材料和结构

实验室标准传声器使用的材料和结构应保证其有长期的使用稳定性。

6.2 标志和出厂校准资料

6.2.1 实验室标准传声器应具有以下清晰而耐久的标志：

- 1) 制造商的名称或商标；
- 2) 产品的型号；
- 3) 产品的序列号。

6.2.2 每个实验室标准传声器应附有单独的出厂校准资料。出厂校准资料应包括该实验室标准传声器的声压灵敏度级、正常工作需要的极化电压以及气压、温度和相对湿度的修正系数等。

7 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。

7.1 检定条件

7.1.1 计量标准和主要配套设备

1) 参考用实验室标准传声器

该实验室标准传声器在检定时作为参考传声器使用，在 200Hz ~ 500Hz 的频率范围内，声压灵敏度级的测量不确定度小于 0.03dB ($k = 2$)；在 500Hz，声压灵敏度级的变化量应不超过每年 0.02dB，包括测量所引入的不确定度后，变化量应不超过每年 0.04dB。

2) 前置放大器

具有插入电压校准功能，在检定的频率范围内，频率响应优于 ± 0.2 dB，检定期间的稳定度优于 ± 0.01 dB。

3) 互易校准仪

在检定的频率范围内，频率响应优于 ± 0.1 dB，总谐波失真小于 0.01%，极化电压为 (200 ± 0.05) V，检定期间极化电压的稳定度优于 ± 1 mV。

4) 测量放大器

在检定的频率范围内，频率响应优于 ± 0.2 dB，检定期间的稳定度优于 ± 0.02 dB。

5) 声校准器

满足 JJG 176—2005 对 LS 级或 1 级声校准器的要求。

6) 正弦信号发生器

在检定的频率范围内，幅值线性优于 ± 0.05 dB，总谐波失真小于 0.05%，检定期间的幅值稳定度优于 ± 0.02 dB。

7) 数字电压表

在检定的频率范围内，数字电压表的最大允许误差应优于 $\pm 0.03\%$ (AC) 和 $\pm 0.01\%$ (DC)。

8) 带通滤波器

在检定的频率范围内, 满足 JJG449—2001 对 1 级滤波器的要求。

9) 气压计

气压计的分辨力应不低于 0.01kPa, 在检定环境条件内, 最大允许误差应优于 $\pm 0.04\text{kPa}$ 。

10) 温度计

温度计的分辨力应不低于 0.1℃, 在检定环境条件内, 最大允许误差应优于 $\pm 0.3^\circ\text{C}$ 。

11) 湿度计

湿度计的分辨力应不低于 1% RH, 在检定环境条件内, 最大允许误差应优于 $\pm 5\% \text{RH}$ 。

7.1.2 参考环境条件

温度: 23℃;

相对湿度: 50%;

气压: 101.325kPa。

7.1.3 检定环境条件

检定环境条件为:

温度: (21 ~ 25)℃;

相对湿度: (35 ~ 75)%;

气压: (94 ~ 103) kPa;

环境噪声: 检定时实验室 A 计权环境噪声应小于 35dB。

检定期间环境条件变化应不大于:

气压: $\pm 0.5\text{kPa}$;

温度: $\pm 0.5^\circ\text{C}$;

相对湿度: $\pm 10\% \text{RH}$ 。

7.2 检定项目

实验室标准传声器的检定项目见表 2。

表 2 首次检定、后续检定和使用中的检验项目

项目	首次检定	后续检定	使用中检验
外观检查	+	+	+
声压灵敏度级	+	+	+(仅使用声校准器)
声压灵敏度级的频率响应	+	+	-
稳定度	-	+	-

注: “+”表示需检项目, “-”表示不需检项目。

7.3 检定方法

7.3.1 外观检查

实验室标准传声器应具有清晰的标志,包括型号、序列号等。外观不应有机械损伤,膜片清洁无污染、腐蚀现象。

校准资料应符合 6.2.2 的要求。

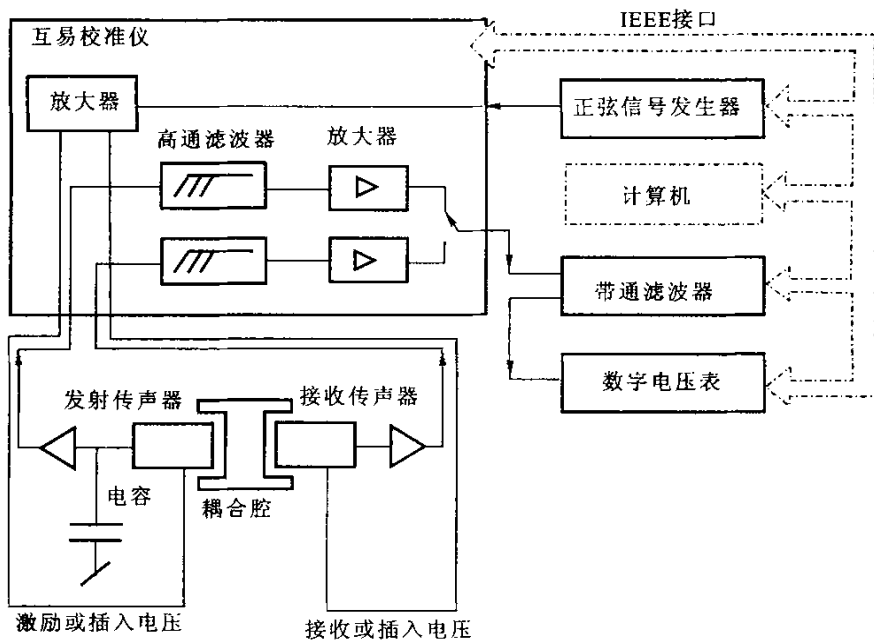
7.3.2 声压灵敏度级

被检实验室标准传声器至少应于检定前 4h 放入符合检定环境条件的实验室中,以使传声器的性能稳定。

声压灵敏度级检定装置方框图如图 1 所示。测量采用三传声器法,三个实验室标准传声器类型必须相同,其中至少有一个为参考用实验室标准传声器。

7.3.2.1 声压灵敏度级的初步检查

互易测量前,将被检实验室标准传声器安装到前置放大器上并与测量放大器相连,在规定的预热时间后,用声校准器按 JJG175—1998《测试电容传声器》测量被检实验室标准传声器的声压灵敏度级,应在表 1 规定的范围内。



注:图中点划线绘制部分仅为自动测量所需。

图 1 声压灵敏度级检定装置方框图

7.3.2.2 自动测量

- 1) 检定装置预热时间不少于 1h,以保证极化电压充分稳定。
- 2) 用直流数字电压表在互易校准仪极化电压测量端口测量极化电压并调整到 200.000V。
- 3) 将参考用实验室标准传声器和被检实验室标准传声器保护栅取下,需要时装上对应的转接环,三只传声器记为:1、2、3。

4) 根据被检实验室标准传声器的类型和所需频率范围按表 3 选择平面波耦合腔。

表 3 检定用平面波耦合腔

实验室标准传声器	LS1P		LS2P	
适用的平面波耦合腔	5cm ³ (长腔)	3cm ³ (短腔)	0.7cm ³ (长腔)	0.4cm ³ (短腔)
测量的频率范围	20Hz ~ 7kHz	20Hz ~ 12.5kHz	20Hz ~ 13kHz	20Hz ~ 25kHz

5) 电压比测量

电压比测量时前置放大器的传输损失采用插入电压技术进行补偿。

a. 电压比测量前, 首先对被检实验室标准传声器的互易性进行检查。将参考实验室标准传声器与被检实验室标准传声器组成一个组合, 先由参考实验室标准传声器发射, 被检实验室标准传声器接收, 然后变为被检实验室标准传声器发射, 参考实验室标准传声器接收, 按以下 b ~ e 条分别测量 200Hz ~ 500Hz 频率上的电压比, 相差应不超过 $\pm 0.01\text{dB}$, 否则, 此实验室标准传声器在检定时只作为声接收器使用。

b. 将实验室标准传声器 1 作为发射传声器, 实验室标准传声器 2 作为接收传声器, 分别安装在发射部分和接收部分的前置放大器上, 二传声器用耦合腔耦合, 并用弹簧定位器固定, 耦合腔均压孔钢针应通畅无堵塞, 然后用屏蔽罩加以屏蔽。

传声器在安装和取下过程中要十分小心谨慎, 安装和取下传声器前应将极化电压开关放到“0V”位置, 操作完成后重新放回到“200V”位置, 并用 5min 左右的时间使其稳定。

c. 启动互易校准测量程序, 输入实验室标准传声器标记资料和所用耦合腔相关资料。

d. 选定测量频率范围: 无特殊要求, 一般 LS1P 型实验室标准传声器测量频率范围 20Hz ~ 10kHz, LS2P 型实验室标准传声器测量频率 20Hz ~ 25kHz, 根据需要, 按 1/3 倍频率间隔选择标称测量频率点或准确测量频率点。

e. 按程序要求输入当前的气压、温度和相对湿度数值, 以后每一个电压比测量前均需重新输入当时的环境条件。

f. 选定传声器组合 1→2, 测量第一个电压比。

测量期间应检查信噪比和标准偏差, 如果数据异常, 应对相关频率重新测量。

g. 对传声器组合 1→3、2→3 重复上述电压比测量。

h. 三个电压比全部测量结束后, 用适当的文件名将测量结果进行保存。

6) 实验室标准传声器声学参数的确定

a. 用表 3 中被检实验室标准传声器适用的两种耦合腔 (长腔和短腔) 分别重复上述电压比测量。

b. 启动互易校准计算程序, 用制造商提供的实验室标准传声器声学参数的标称值 (见附录 A) 计算出每个被检传声器各频率点的声压灵敏度级并形成两条声压频率响应曲线。

c. 反复调整每个被检实验室标准传声器的声学参数 (主要为前腔体积、等效体积

和前腔深度),使其两条频响曲线在 200Hz~2kHz (LS1P) 或 200Hz~4kHz (LS2P) 频率范围内拟合收敛至 0.005dB 左右。则此时的声学参数即为该实验室标准传声器确定的声学参数。

d. 用确定的声学参数建立该实验室标准传声器的传声器数据文件。

7) 声压灵敏度级的计算

根据 5) 测量的电压比和 6) 建立的数据文件,计算出三个实验室标准传声器的声压灵敏度级。

7.3.2.3 手动测量

1) 准备工作同 7.3.2.2 中 1) 至 4) 条。

2) 电压比测量

a. 实验室标准传声器的安装同 7.3.2.2 中 5) a。

b. 正弦信号发生器频率调至 251.2Hz,也可根据需要调至标称频率 250Hz,信号幅度为 2V,滤波器置于对应的通带。

c. 分别测量传声器组合 1→2 的接收通道电压 u_a 、发射通道电压 u_b 、接收通道参考电压 u_c 、发射通道参考电压 u_d ,单位为 V,并记入专用记录表格。保持信号发生器输出不变,对传声器组合 1→3、2→3 重复测量。必要时可测量传声器组合 2→1、3→1、3→2,并取两种组合的平均值进行计算。

3) 声压灵敏度级计算

实验室标准传声器声压灵敏度级按下式计算:

$$L_{Mp1} = \text{Cor}_{R1} + \text{Cor}_{CV} + \text{Cor}_{FV1} + \text{Cor}_{ps} + \text{Cor}_C + S_{\text{ref}} \quad (\text{dB}) \quad (1)$$

$$L_{Mp2} = \text{Cor}_{R2} + \text{Cor}_{CV} + \text{Cor}_{FV2} + \text{Cor}_{ps} + \text{Cor}_C + S_{\text{ref}} \quad (\text{dB}) \quad (2)$$

$$L_{Mp3} = \text{Cor}_{R3} + \text{Cor}_{CV} + \text{Cor}_{FV3} + \text{Cor}_{ps} + \text{Cor}_C + S_{\text{ref}} \quad (\text{dB}) \quad (3)$$

式中: L_{Mp1} 、 L_{Mp2} 、 L_{Mp3} 分别为实验室标准传声器 1、2、3 的声压灵敏度级 (dB), Cor_{R1} 、 Cor_{R2} 、 Cor_{R3} 分别为传声器 1、2、3 的电压比修正 (dB),见附录 A。

Cor_{CV} 为耦合腔体积修正 (dB),见附录 A。

Cor_{FV1} 、 Cor_{FV2} 、 Cor_{FV3} 分别为实验室标准传声器 1、2、3 的前腔体积修正 (dB),见附录 A。

Cor_{ps} 为气压修正 (dB),见附录 A。

Cor_C 为电容电修正 (dB),见附录 A。

S_{ref} 为参考灵敏度级 (dB),见附录 A。

7.3.3 声压灵敏度级的频率响应

声压灵敏度级的频率响应由各检定频率点上的声压灵敏度级构成。因此,声压灵敏度级的频率响应检定装置和检定方法与声压灵敏度级相同。

7.3.2.2 的自动测量已经包含了声压灵敏度级的频率响应测量。在手动测量方式,在需要的频率范围内按 1/3 倍频程间隔改变信号发生器的频率,重复 7.3.2.2 的程序,测量出各频率点上的声压灵敏度级。

在测得的各频率点声压灵敏度级中,最高灵敏度级与最低灵敏度级的差值应不大于

2dB。

在 200Hz ~ 500Hz 的测量频率点上，将参考用实验室标准传声器测得的结果与该传声器的参考值进行比较，如果差值不大于 0.04dB（包括测量所引入的不确定度），则认为互易测量结果有效。

7.3.4 稳定度

将被检实验室标准传声器在 500Hz 频率上的声压灵敏度级与上个检定周期该频率检定的声压灵敏度级进行比较，其差值应不大于 0.04dB。

7.4 检定结果的处理

经检定合格的实验室标准传声器发给检定证书；检定不合格的实验室标准传声器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 B。

7.5 检定周期

实验室标准传声器的检定周期一般不超过 2 年。

附录 A

声压灵敏度级计算的修正项

A.1 传声器的声学参数

部分实验室标准传声器（或可作为实验室标准传声器使用的传声器）的声学参数标称值见表 A.1。

表 A.1 声学参数标称值

声学参数	传声器					
	4160	4180	4144 *	4145 *	4133 *	4134 *
前腔体积 V_F	535mm ³	34mm ³	570mm ³	570mm ³	34mm ³	34mm ³
前腔长度 L_F	1.95mm	0.50mm	1.95mm	1.95mm	0.50mm	0.50mm
膜片等效体积 V_e	136mm ³	9.2mm ³	136mm ³	120mm ³	10mm ³	10mm ³
共振频率 f_0	8.2kHz	22kHz	8.2kHz	11kHz	22kHz	22kHz
阻尼系数（损耗系数）	1.05	1.05	1.05	3.15	3.05	1.15
膜片有效直径	17.9mm	8.95mm	17.9mm	17.9mm	8.95mm	8.95mm

注：* 为带相应的转接环。

A.2 电压比修正

传声器 1、2、3 的电压比修正 Cor_{R1} 、 Cor_{R2} 、 Cor_{R3} (dB) 计算公式如下：

$$\text{Cor}_{R1} = (R_{12} + R_{13} - R_{23}) / 2 \text{ (dB)} \quad (\text{A.1})$$

$$\text{Cor}_{R2} = (R_{12} + R_{23} - R_{13}) / 2 \text{ (dB)} \quad (\text{A.2})$$

$$\text{Cor}_{R3} = (R_{13} + R_{23} - R_{12}) / 2 \text{ (dB)} \quad (\text{A.3})$$

其中：

$$R_{12} = 20 \lg \left(\frac{u_a \times u_d}{u_b \times u_c} \right)_{12} \text{ (dB)} \quad (\text{A.4})$$

$$R_{13} = 20 \lg \left(\frac{u_a \times u_d}{u_b \times u_c} \right)_{13} \text{ (dB)} \quad (\text{A.5})$$

$$R_{23} = 20 \lg \left(\frac{u_a \times u_d}{u_b \times u_c} \right)_{23} \text{ (dB)} \quad (\text{A.6})$$

u_a 、 u_b 、 u_c 、 u_d 分别为接收通道的输出电压、发射通道的输出电压、接收通道的参考电压、发射通道的参考电压，单位为 V。

A.3 耦合腔体修正

由于实际使用的耦合腔体积与其标称值有偏差，因此需要对耦合腔体积进行修正，修正公式见式 (A.7)。

$$\text{Cor}_{CV} = 10 \lg \left(\frac{2 \times V_{\text{mic}} (\text{nom}) + V_{\text{coup}}}{2 \times V_{\text{mic}} (\text{nom}) + V_{\text{coup}} (\text{nom})} \right) \text{ (dB)} \quad (\text{A.7})$$

式中: $V_{\text{mic}}(\text{nom})$ ——被检传声器标称前腔体积和标称膜片等效体积之和, mm^3 ;

$V_{\text{coup}}(\text{nom})$ ——所用耦合腔的标称体积, mm^3 ;

V_{coup} ——所用耦合腔的实际体积, mm^3 。

A.4 传声器前腔体积修正

确定实验室标准传声器 1、2、3 的前腔体积修正 Cor_{FV1} 、 Cor_{FV2} 、 Cor_{FV3} 的方法如下:

在 200Hz~2kHz (LS1P) 或 200Hz~4kHz (LS2P) 频率范围内, 选择 2~3 个频率点 (一般选 250Hz 和 1kHz), 分别用长腔和短腔 (见表 3) 按 7.3.2.2 测量出每个传声器不加前腔体积修正的声压灵敏度级, 取两个频率上灵敏度级的平均值, 找出两个耦合腔测量灵敏度级的差值, 利用该差值, 从图 A.1 或图 A.2 查出该传声器的前腔体积修正。

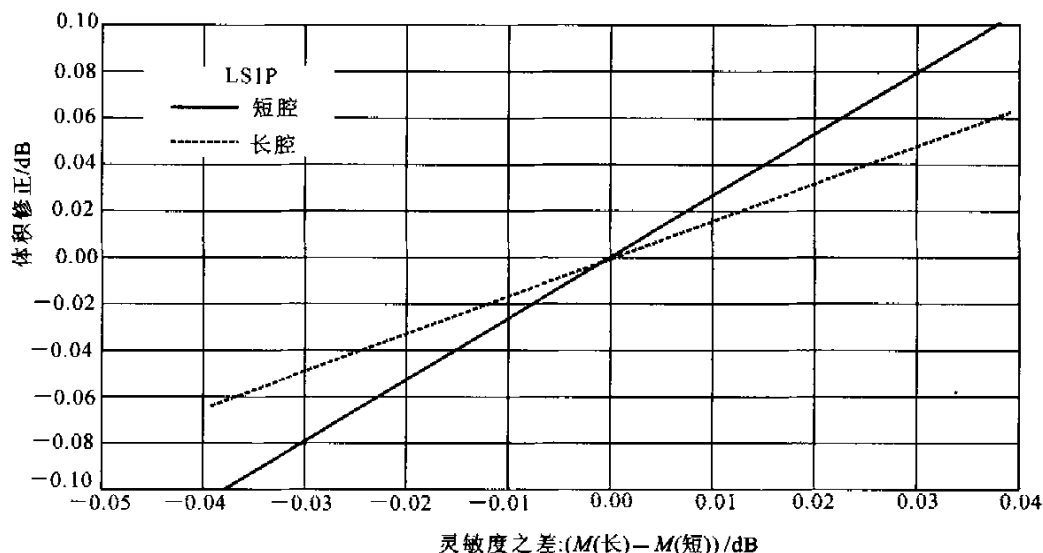


图 A.1 LS1P 型实验室标准传声器的前腔体积修正

A.5 气压修正

气压修正公式见式 (A.8)。

$$\text{Cor}_{p_s} = 10 \lg \left(\frac{p_{s, \text{nom}}}{p_s} \right) \quad (\text{dB}) \quad (\text{A.8})$$

式中: $p_{s, \text{nom}} = 101.325 \text{ kPa}$;

p_s ——检定期间气压的平均值, kPa 。

A.6 电容量修正

电容量修正公式见式 (A.9)。

$$\text{Cor}_C = 10 \lg \left(\frac{C_{\text{nom}}}{C} \right) \quad (\text{dB}) \quad (\text{A.9})$$

式中: $C_{\text{nom}} = 4.7 \text{ nF}$;

C ——参考电容的实际值, nF 。

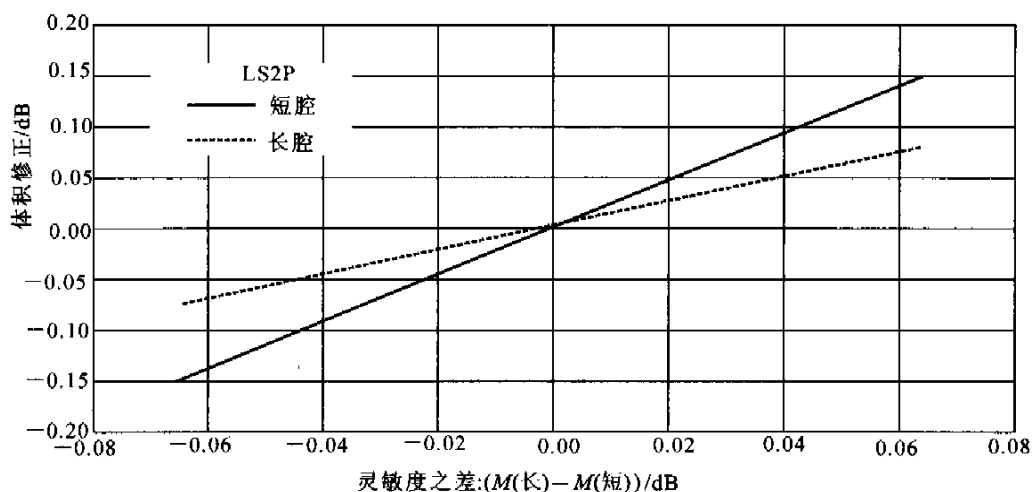


图 A.2 LS2P 型实验室标准传声器的前腔体积修正

A.7 参考灵敏度级

A.7.1 根据被检传声器型号规格、所用耦合腔和测量频率，从表 A.2 ~ 表 A.5 查出对应的基本参考灵敏度级 S_{list} 和气压、温度、相对湿度及传声器前腔长度系数。

A.7.2 参考灵敏度级按公式 (A.10) 计算

$$S_{\text{ref}} = S_{\text{list}} + C_p + C_T + C_{\text{RH}} + C_L \quad (\text{dB}) \quad (\text{A.10})$$

式中： C_p 为参考灵敏度级的气压修正

$$C_p = (p_s - 101.325) \times \alpha_p \quad (\text{dB}) \quad (\text{A.11})$$

p_s 为检定期间气压的平均值，kPa， α_p 为从表中查出的气压系数。

C_T 为参考灵敏度级的温度修正

$$C_T = (T_{\text{coup}} - 23) \times \alpha_T \quad (\text{dB}) \quad (\text{A.12})$$

T_{coup} 为检定期间耦合腔内温度的平均值，℃， α_T 为从表中查出的温度系数。

C_{RH} 为参考灵敏度级的相对湿度修正

$$C_{\text{RH}} = (H_{\text{coup}} - 50) \times \alpha_{\text{RH}} \quad (\text{dB}) \quad (\text{A.13})$$

H_{coup} 为检定期间耦合腔内相对湿度的平均值，%， α_{RH} 为从表中查出的湿度系数。

C_L 为参考灵敏度级的传声器前腔长度修正

$$C_L = (L_F - L_{F,\text{nom}}) \times \alpha_L \quad (\text{dB}) \quad (\text{A.14})$$

L_F 为被检传声器前腔实际长度，mm。

$L_{F,\text{nom}}$ 为被检传声器前腔标称长度，mm。

α_L 为从表中查出的长度系数。

表 A.2 用长腔测量 LS1P 型传声器的参考灵敏度级修正

频率 /Hz	基本参考灵敏度级 S_{ref} (dB) re.1V/Pa	气压系数 α_p / (dB/kPa)	温度系数 α_T / (dB/°C)	相对湿度系数 α_{RH} / (dB/10%)	长度系数 α_L / (dB/0.1mm)
20	-20.7764	0.0014	0.0002	0.0006	-0.0005
25	-20.7902	0.0015	0.0002	0.0006	-0.0004
32	-20.8026	0.0016	0.0002	0.0006	-0.0004
40	-20.8137	0.0016	0.0002	0.0006	-0.0003
50	-20.8236	0.0017	0.0001	0.0006	-0.0003
63	-20.8326	0.0017	0.0001	0.0006	-0.0003
79	-20.8407	0.0018	0.0001	0.0006	-0.0002
100	-20.8480	0.0018	0.0001	0.0006	-0.0002
126	-20.8549	0.0018	0.0001	0.0006	-0.0002
158	-20.8613	0.0019	0.0001	0.0006	-0.0002
200	-20.8677	0.0019	0.0001	0.0006	-0.0002
251	-20.8743	0.0019	0.0001	0.0006	-0.0003
316	-20.8818	0.0019	0.0001	0.0006	-0.0003
398	-20.8908	0.0020	0.0001	0.0006	-0.0004
501	-20.9027	0.0020	0.0001	0.0006	-0.0006
631	-20.9195	0.0020	0.0002	0.0006	-0.0009
794	-20.9440	0.0020	0.0002	0.0006	-0.0013
1000	-20.9814	0.0019	0.0004	0.0006	-0.0020
1259	-20.0393	0.0019	0.0005	0.0007	-0.0032
1585	-21.1303	0.0018	0.0008	0.0008	-0.0052
1995	-21.2749	0.0017	0.0013	0.0009	-0.0082
2512	-21.5072	0.0014	0.0021	0.0011	-0.0134
3162	-21.8851	0.0010	0.0035	0.0015	-0.0218
3981	-22.5105	0.0004	0.0059	0.0022	-0.0366
5012	-23.5711	-0.0007	0.0102	0.0033	-0.0640
6310	-25.4422	-0.0015	0.0194	0.0058	-0.1218

表 A.3 用短腔测量 LS1P 型传声器的参考灵敏度级修正

频率 /Hz	基本参考灵敏度级 S_{int} (dB) re. 1V/Pa	气压系数 α_p / (dB/kPa)	温度系数 α_T / (dB/°C)	相对湿度系数 α_{RH} / (dB/10%)	长度系数 α_L / (dB/0.1mm)
20	-22.8022	0.0026	0.0003	0.0005	-0.0012
25	-22.8186	0.0027	0.0002	0.0005	-0.0011
32	-22.8332	0.0027	0.0002	0.0005	-0.0010
40	-22.8463	0.0028	0.0002	0.0005	-0.0009
50	-22.8580	0.0029	0.0002	0.0005	-0.0008
63	-22.8685	0.0029	0.0001	0.0005	-0.0007
79	-22.8778	0.0030	0.0001	0.0005	-0.0006
100	-22.8863	0.0030	0.0001	0.0005	-0.0006
126	-22.8939	0.0031	0.0001	0.0005	-0.0005
158	-22.9008	0.0031	0.0001	0.0005	-0.0005
200	-22.9072	0.0031	0.0001	0.0005	-0.0004
251	-22.9133	0.0032	0.0001	0.0005	-0.0004
316	-22.9193	0.0032	0.0001	0.0005	-0.0004
398	-22.9256	0.0032	0.0001	0.0005	-0.0005
501	-22.9327	0.0032	0.0001	0.0005	-0.0006
631	-22.9414	0.0032	0.0001	0.0005	-0.0007
794	-22.9529	0.0033	0.0001	0.0006	-0.0010
1000	-22.9691	0.0032	0.0002	0.0006	-0.0015
1259	-22.9930	0.0032	0.0002	0.0006	-0.0022
1585	-23.0296	0.0032	0.0003	0.0006	-0.0034
1995	-23.0865	0.0031	0.0005	0.0007	-0.0052
2512	-23.1776	0.0030	0.0008	0.0008	-0.0084
3162	-23.3210	0.0027	0.0013	0.0009	-0.0132
3981	-23.5551	0.0023	0.0020	0.0011	-0.0212
5012	-23.9365	0.0017	0.0033	0.0014	-0.0340
6310	-24.5453	0.0007	0.0052	0.0020	-0.0540
7943	-25.4639	0.0002	0.0083	0.0028	-0.0858
10000	-26.9065	0.0012	0.0143	0.0044	-0.1490
12589	-29.8826	0.0046	0.0336	0.0096	-0.3488

表 A.4 用长腔测量 LS2P 型传声器的参考灵敏度级修正

频率 /Hz	基本参考灵敏度级 S_{list} (dB) re.1V/Pa	气压系数 α_p / (dB/kPa)	温度系数 α_T / (dB/°C)	相对湿度系数 α_{RH} / (dB/10%)	长度系数 α_L / (dB/0.1mm)
20	-29.3924	-0.0001	0.0004	0.0006	-0.0016
25	-29.4173	0.0000	0.0004	0.0006	-0.0014
32	-29.4402	0.0001	0.0003	0.0006	-0.0013
40	-29.4610	0.0002	0.0003	0.0006	-0.0011
50	-29.4798	0.0003	0.0003	0.0006	-0.0010
63	-29.4969	0.0003	0.0002	0.0006	-0.0009
79	-29.5122	0.0004	0.0002	0.0006	-0.0008
100	-29.5260	0.0005	0.0002	0.0006	-0.0007
126	-29.5384	0.0005	0.0002	0.0006	-0.0006
158	-29.5497	0.0006	0.0002	0.0006	-0.0006
200	-29.5599	0.0006	0.0001	0.0006	-0.0005
251	-29.5693	0.0007	0.0001	0.0006	-0.0005
316	-29.5782	0.0007	0.0001	0.0006	-0.0005
398	-29.5868	0.0008	0.0001	0.0006	-0.0005
501	-29.5955	0.0008	0.0001	0.0006	-0.0006
631	-29.6051	0.0008	0.0001	0.0006	-0.0007
794	-29.6164	0.0008	0.0001	0.0006	-0.0009
1000	-29.6309	0.0009	0.0002	0.0006	-0.0013
1259	-29.6508	0.0009	0.0002	0.0006	-0.0019
1585	-29.6796	0.0009	0.0003	0.0006	-0.0028
1995	-29.7230	0.0009	0.0004	0.0007	-0.0044
2512	-29.7899	0.0008	0.0006	0.0007	-0.0068
3162	-29.8948	0.0008	0.0010	0.0008	-0.0108
3981	-30.0614	0.0007	0.0015	0.0010	-0.0174
5012	-30.3293	0.0006	0.0025	0.0012	-0.0282
6310	-30.7671	0.0003	0.0041	0.0017	-0.0464
7943	-31.5011	-0.0001	0.0070	0.0025	-0.0794
10000	-32.7923	-0.0009	0.0127	0.0040	-0.1448
12589	-35.3386	-0.0028	0.0278	0.0081	-0.3170

表 A.5 用短腔测量 LS2P 型传声器的参考灵敏度级修正

频率 /Hz	基本参考灵敏度级 S_{lin} (dB) re.1V/Pa	气压系数 α_p / (dB/kPa)	温度系数 α_T / (dB/°C)	相对湿度系数 α_{RH} / (dB/10%)	长度系数 α_L / (dB/0.1mm)
20	-31.8520	0.0003	0.0005	0.0006	-0.0052
25	-31.8841	0.0005	0.0004	0.0006	-0.0046
32	-31.9132	0.0006	0.0004	0.0006	-0.0040
40	-31.9395	0.0007	0.0004	0.0006	-0.0036
50	-31.9631	0.0009	0.0003	0.0006	-0.0032
63	-31.9843	0.0010	0.0003	0.0006	-0.0028
79	-32.0034	0.0011	0.0003	0.0006	-0.0026
100	-32.0204	0.0012	0.0002	0.0006	-0.0022
126	-32.0357	0.0012	0.0002	0.0006	-0.0020
158	-32.0494	0.0013	0.0002	0.0006	-0.0018
200	-32.0616	0.0014	0.0002	0.0006	-0.0016
251	-32.0727	0.0014	0.0002	0.0006	-0.0015
316	-32.0827	0.0015	0.0001	0.0006	-0.0013
398	-32.0918	0.0015	0.0001	0.0006	-0.0012
501	-32.1003	0.0016	0.0001	0.0006	-0.0011
631	-32.1084	0.0016	0.0001	0.0006	-0.0011
794	-32.1165	0.0016	0.0001	0.0006	-0.0012
1000	-32.1251	0.0017	0.0001	0.0006	-0.0013
1259	-32.1349	0.0017	0.0001	0.0006	-0.0016
1585	-32.1471	0.0017	0.0001	0.0006	-0.0020
1995	-32.1635	0.0017	0.0002	0.0006	-0.0028
2512	-32.1869	0.0017	0.0002	0.0006	-0.0042
3162	-32.2216	0.0017	0.0003	0.0006	-0.0064
3981	-32.2748	0.0017	0.0005	0.0007	-0.0100
5012	-32.3577	0.0016	0.0008	0.0008	-0.0156
6310	-32.4888	0.0015	0.0012	0.0009	-0.0248
7943	-32.6988	0.0013	0.0019	0.0011	-0.0398
10000	-33.0390	0.0010	0.0031	0.0014	-0.0646
12589	-33.5973	0.0004	0.0052	0.0020	-0.1070
15849	-34.5230	-0.0003	0.0088	0.0029	-0.1820
19953	-36.0850	-0.0004	0.0158	0.0048	-0.3282
25119	-39.1535	0.0022	0.0360	0.0103	-0.7484

附录 B

检定证书和检定结果通知书的内页格式

B.1 检定证书内页格式

检定结果						共 页 第 页	
一、外观检查：_____							
二、声压灵敏度级：_____ dB（在 250Hz，参考 1V/Pa）							
三、声压灵敏度级的频率响应：							
频率/Hz	20	25	31.5	40	50	63	80
声压灵敏度级 (dB, 参考 1V/Pa)							
100	125	160	200	250	315	400	500
800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
6300	8000	10000	12500	16000	20000	25000	
在 _____ Hz 的频率范围内，最高和最低声压灵敏度级差值为 _____ dB。							
四、稳定度 _____（在 500Hz）							
检定环境条件：							
温 度： _____ °C							
相对湿度： _____ %							
气 压： _____ kPa							
检定依据：JJG 790—2005 实验室标准传声器（耦合腔互易法）检定规程。							
使用的标准装置名称：							
说明：							

B.2 检定结果通知书内页格式

检定结果

共 页 第 页

一、外观检查：_____

二、声压灵敏度级：_____ dB（在 250Hz，参考 1V/Pa）

三、声压灵敏度级的频率响应：

频率/Hz	20	25	31.5	40	50	63	80
声压灵敏度级 (dB, 参考 1V/Pa)							
100	125	160	200	250	315	400	500
800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
6300	8000	10000	12500	16000	20000	25000	

在_____ Hz 的频率范围内，最高和最低声压灵敏度级差值为_____ dB。

四、稳定度_____（在 500Hz）

检定环境条件：

温 度：_____℃

相对湿度：_____%

气 压：_____kPa

检定依据：JJG 790—2005 实验室标准传声器（耦合腔互易法）检定规程。

使用的标准装置名称：

说明：检定结果通知书内页格式的栏目与检定证书内页格式相同，但在检定结果通知书中应标明检定不合格的项目，对未检定的项目应加于说明。

附录 C

测量不确定度评定实例

实验室标准传声器主要检定的是开路声压灵敏度级，用平面波耦合腔互易校准实验室标准传声器依据的传输线方程非常复杂，加之各种修正因素层层相叠，根本不可能用一个简单的数学模型来表示，因此本附录按国际上实验室标准传声器互易校准不确定度分析的惯例进行逐项分析。

C.1 A类标准不确定度

(1) 对一组三只 LS1P 型实验室标准传声器的声压灵敏度级连续测量 10 次，取其中标准偏差最大的 1 只， $u_1 = s$ 见表 C.1。

表 C.1

传声器	LS1P 型		
标称频率/Hz	标准偏差 s /dB	标称频率/Hz	标准偏差 s /dB
20	0.0016	2k	0.0023
31.5	0.0014	2.5k	0.0032
63	0.0015	3.15k	0.0037
125	0.0016	4k	0.0045
250	0.0014	5k	0.0057
500	0.0016	6.3k	0.0098
1k	0.0020	8k	0.0145
1.25k	0.0016	10k	0.0131
1.6k	0.0021	—	

对一组三只 LS2P 型实验室标准传声器的声压灵敏度级连续校准 10 次，取其中标准偏差最大的 1 只， $u_1 = s$ 见表 C.2。

表 C.2

传声器	LS2P 型		
标称频率/Hz	标准偏差 s /dB	标称频率/Hz	标准偏差 s /dB
20	0.0118	3.15k	0.0086
31.5	0.0101	4k	0.0089
63	0.0077	5k	0.0093
125	0.0093	6.3k	0.0101
250	0.0086	8k	0.0113
500	0.0084	10k	0.0133

表 C.2 (续)

传声器	LS2P 型		
标称频率/Hz	标准偏差 s /dB	标称频率/Hz	标准偏差 s /dB
1k	0.0086	12.5k	0.0159
1.25k	0.0085	16k	0.0194
1.6k	0.0084	20k	0.0219
2k	0.0085	25k	0.0271
2.5k	0.0084	—	—

C.2 B类标准不确定度

(2) 极化电压测量

极化电压测量用数字电压表的精度为 DC: $\pm 0.01\%$, 检定期间极化电压的稳定度优于 $\pm 0.001\text{V}$, 因此极化电压测量的最大误差为 $\pm 0.021\text{V}$, 其对传声器灵敏度产生的影响为: $u_2 = 0.0009$ (dB)。

(3) 电压比测量

电压比测量用数字电压表的精度为 AC: $\pm 0.05\%$, 测量误差为 0.0043dB 。电压比根据电压表的 4 次不同测量之和求得, 而传声器灵敏度由 3 个电压比的平方根决定, 因此, 以均匀分布考虑, 电压比测量的不确定度 $u_3 = 0.0043\text{dB}$ 。

(4) 串音

互易校准仪的发射通道和接收通道使用同一个极化电压源, 两通道之间存在串音现象, 产生的串音小于 -66dB , 以均匀分布考虑, 串音对灵敏度的影响 u_4 为: $u_4 = 0.0025$ (dB)。

(5) 噪声

电压比测量期间信噪比大于 46dB , 对灵敏度的影响 u_5 为: $u_5 = 0.0001\text{dB}$ 。

(6) 失真

测量电压比时信号失真小于 -46dB , 对灵敏度的影响 u_6 为: $u_6 = 0.0001$ (dB)。

(7) 频率

由于测量使用带有高精度频率显示器的信号源, 其影响 u_7 可忽略不计。

(8) 平面波耦合腔参数: 长度、直径、表面积、体积、泄漏影响。

耦合腔参数测量误差及引入的不确定度按正态分布考虑见表 C.3。

表 C.3-1 LS1P 型实验室标准传声器

dB

参数	长度 u_8	直径 u_9	表面积 u_{10}	体积 u_{11}	泄漏影响 u_{12}
测量误差	0.004 mm	0.005mm	0.35 mm ²	1.54 mm ³	—
20Hz	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.0055

表 C.3-1 (续)

dB

参数	长度 u_8	直径 u_9	表面积 u_{10}	体积 u_{11}	泄漏影响 u_{12}
31.5Hz	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.0022
63Hz	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.0015
125Hz	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.0011
250Hz	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.0003
500Hz	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.0001
1kHz	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.0000
2kHz	0.0002	0.0000	0.0000	0.0020	0.0000
4kHz	0.0004	0.0000	0.0000	0.0020	0.0000
8kHz	0.0016	0.0000	0.0000	0.0022	0.0000
10kHz	0.0030	0.0000	0.0000	0.0021	0.0000

表 C.3-2 LS2P 型实验室传声器

dB

参数	长度 u_8	直径 u_9	表面积 u_{10}	体积 u_{11}	泄漏影响 u_{12}
测量误差	0.004 mm	0.005mm	0.35 mm ²	1.54 mm ³	—
20Hz	0.0001	0.0001	0.0000	0.0037	0.0217
31.5Hz	0.0001	0.0001	0.0000	0.0037	0.0087
63Hz	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.0050
125Hz	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.0022
250Hz	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.0011
500Hz	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.0003
1kHz	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.0001
2kHz	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.0001
4kHz	0.0002	0.0000	0.0000	0.0037	0.0000
8kHz	0.0006	0.0000	0.0000	0.0037	0.0000
10kHz	0.0010	0.0000	0.0000	0.0037	0.0000
12.5kHz	0.0016	0.0000	0.0000	0.0037	0.0000
16kHz	0.0026	0.0000	0.0000	0.0037	0.0000
20kHz	0.0046	0.0000	0.0000	0.0037	0.0000
25kHz	0.0100	0.0000	0.0000	0.0037	0.0000

(9) 传声器参数：前腔长度、附加前腔长度、膜片共振频率、膜片阻尼系数
传声器参数测量误差及引入的不确定度按正态分布考虑见表 C.4。

表 C.4

dB

参数	前腔长度 u_{13}		附加长度 u_{14}	等效和前腔体积 u_{15}		膜片共振频率 u_{16}		膜片阻尼系数 u_{17}	
	LS1P	LS2P	LS1P	LS1P	LS2P	LS1P	LS2P	LS1P	LS2P
测量误差	0.005 mm	0.004 mm	0.35 mm	2.4/ 0.8mm ³	0.25/ 0.08mm ³	550 Hz	1476 Hz	0.094	0.094
20Hz	0.0001	0.0002	0.0033	0.0080	0.0067	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
31.5Hz	0.0001	0.0002	0.0021	0.0081	0.0068	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
63Hz	0.0001	0.0001	0.0015	0.0082	0.0069	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
125Hz	0.0000	0.0001	0.0013	0.0082	0.0070	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
250Hz	0.0000	0.0000	0.0004	0.0082	0.0070	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
500Hz	0.0000	0.0000	0.0001	0.0082	0.0070	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000
1kHz	0.0001	0.0000	0.0004	0.0081	0.0070	0.0000	0.0000	0.0010	0.0001
2kHz	0.0003	0.0000	0.0006	0.0078	0.0070	0.0004	0.0000	0.0036	0.0010
4kHz	0.0010	0.0004	0.0008	0.0066	0.0068	0.0056	0.0002	0.0062	0.0010
8kHz	0.0040	0.0016	0.0010	0.0030	0.0058	0.0085	0.0010	0.0040	0.0010
10kHz	0.0073	0.0026	0.0010	0.0050	0.0040	0.0090	0.0022	0.0100	0.0020
12.5kHz	—	0.0045	—	—	0.0035	—	0.0026		0.0022
16kHz	—	0.0075	—	—	0.0014	—	0.0060		0.0040
20kHz	—	0.0100	—	—	0.0013	—	0.0140		0.0070
25kHz	—	0.0140	—	—	0.0075	—	0.0290		0.0150

(10) 串联电容 C

与发射传声器串联用以测量发射电流的串联电容 C ，每一个均经过单独测量并在计算中加以修正，由串联电容 C 引入的不确定度 u_{18} 按均匀分布考虑见表 C.5。

(11) 环境条件

环境条件影响耦合腔的声转移阻抗，主要影响空气中声速，因此，环境条件在测量期间必须仔细监测。

测量环境气压的气压计最大允许误差优于 $\pm 0.04\text{kPa}$ ，一个电压比测量期间气压最大变化 $\pm 0.02\text{kPa}$ ，按均匀分布考虑，则总的气压测量不确定度为 0.0258kPa ，引入的不确定度 $u_{19} = 0.0011\text{dB}$ 。

测量温度的温度计最大允许误差优于 $\pm 0.3^\circ\text{C}$ ，一个电压比测量期间温度最大变化

$\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ，环境温度不均匀性 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ，以均匀分布考虑，总的温度测量不确定度为 0.273°C ，引入的不确定度 u_{20} 见表 C.5。

测量湿度的湿度计最大允许误差优于 $\pm 5\%$ ，一个电压比测量期间湿度最大变化 $\pm 2\%$ ，环境湿度不均匀性和指示值漂移 $\pm 2\%$ ，以均匀分布考虑，总的湿度测量不确定度为 3.32% ，引入的不确定度 u_{21} 见表 C.5。

(12) 数字修约

数字修约误差小于 0.0005dB ，以 0.0005dB 计， $u_{22} = 0.0005\text{dB}$ 。

(13) 传声器气压修正

传声器气压修正系数使用 B&K 和 DTU 的数据，很具权威性，以均匀分布考虑，其不确定度 u_{23} 见表 C.5。

(14) 传声器温度修正

传声器温度修正系数使用 B&K 和 DTU 的数据，很具权威性，以均匀分布考虑，其不确定度 u_{24} 见表 C.5。

表 C.5-1 LS1P 型实验标准传声器

dB

频率/Hz	串联电容 C u_{18}	气压 u_{19}	温度 u_{20}	湿度 u_{21}	传声器气压 u_{23}	传声器温度 u_{24}
20	0.0190	0.0015	0.0002	0.0003	0.0011	0.0057
31.5	0.0093	0.0015	0.0002	0.0003	0.0011	0.0057
63	0.0050	0.0015	0.0001	0.0003	0.0011	0.0057
125	0.0050	0.0015	0.0000	0.0003	0.0011	0.0057
250	0.0050	0.0015	0.0000	0.0003	0.0011	0.0057
500	0.0050	0.0015	0.0000	0.0003	0.0011	0.0057
1k	0.0013	0.0015	0.0001	0.0003	0.0011	0.0057
2k	0.0015	0.0015	0.0003	0.0003	0.0013	0.0057
4k	0.0017	0.0015	0.0015	0.0005	0.0030	0.0065
8k	0.0020	0.0015	0.0056	0.0012	0.0050	0.0065
10k	0.0021	0.0015	0.0056	0.0018	0.0085	0.0090

表 C.5-2 LS2P 型实验室标准传声器

dB

频率/Hz	串联电容 C u_{18}	气压 u_{19}	温度 u_{20}	湿度 u_{21}	传声器气压 u_{23}	传声器温度 u_{24}
20	0.0190	0.0015	0.0004	0.0003	0.0007	0.0024
31.5	0.0093	0.0015	0.0002	0.0003	0.0007	0.0024
63	0.0050	0.0015	0.0001	0.0003	0.0007	0.0024
125	0.0050	0.0015	0.0001	0.0003	0.0007	0.0024
250	0.0050	0.0015	0.0000	0.0003	0.0007	0.0024
500	0.0050	0.0015	0.0000	0.0003	0.0007	0.0024
1k	0.0013	0.0015	0.0000	0.0003	0.0007	0.0024
2k	0.0015	0.0015	0.0000	0.0003	0.0007	0.0024
4k	0.0017	0.0015	0.0002	0.0003	0.0009	0.0025
8k	0.0020	0.0015	0.0013	0.0004	0.0019	0.0036
10k	0.0021	0.0015	0.0022	0.0006	0.0019	0.0036
12.5k	0.0025	0.0015	0.0040	0.0008	0.0019	0.0043
16k	0.0031	0.0015	0.0072	0.0012	0.0080	0.0042
20k	0.0038	0.0015	0.0112	0.0020	0.0090	0.0060
25k	0.0074	0.0015	0.0120	0.0040	0.0080	0.0064

LS1P 型实验室标准传声器不确定度来源汇总见表 C.6-1。

LS2P 型实验室标准传声器不确定度来源汇总见表 C.6-2。

表中各分量互不相关，合成标准不确定度 $u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^{24} u_i^2}$ 以及包含因子取 2 时的扩展标准不确定度 $U(k=2)$ 见表 C.6。

表 C.6-1 LS1P 型实验室标准传声器

dB

序号	来源	符号	20Hz	31.5Hz	50Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	10kHz
1	灵敏度校准	$u_1 = s$	0.0016	0.0014	0.0015	0.0015	0.0016	0.0014	0.0016	0.0020	0.0023	0.0045	0.0145	0.0131
2	极化电压	u_2	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009
3	电压比	u_3	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043
4	串音	u_3	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025
5	噪声	u_5	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
6	失真	u_6	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
7	频率	u_7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	耦合腔长度	u_8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0004	0.0016	0.0030
9	耦合腔直径	u_9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	耦合腔表面积	u_{10}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11	耦合腔体积	u_{11}	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0022	0.0021
12	耦合腔泄漏	u_{12}	0.0055	0.0022	0.0015	0.0011	0.0003	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13	传声器前腔长度	u_{13}	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003	0.0010	0.0040	0.0073
14	前腔附加长度	u_{14}	0.0033	0.0021	0.0018	0.0015	0.0013	0.0004	0.0001	0.0004	0.0006	0.0008	0.0010	0.0010
15	等效和前腔体积	u_{15}	0.0080	0.0081	0.0082	0.0082	0.0082	0.0082	0.0082	0.0081	0.0078	0.0066	0.0030	0.0050
16	膜片共振频率	u_{16}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0056	0.0085	0.0090
17	膜片阻尼系数	u_{17}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0010	0.0036	0.0062	0.0040	0.0100
18	串联电容 C	u_{18}	0.0190	0.0093	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0031	0.0013	0.0015	0.0017	0.0020	0.0021
19	气压	u_{19}	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011
20	温度	u_{20}	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003	0.0015	0.0056	0.0056
21	湿度	u_{21}	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0005	0.0012	0.0018
22	数字取整	u_{22}	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
23	传声器气压修正	u_{23}	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0013	0.0030	0.0050	0.0085
24	传声器温度修正	u_{24}	0.0057	0.0057	0.0057	0.0057	0.0057	0.0057	0.0057	0.0057	0.0057	0.0065	0.0065	0.0090
合成标准不确定度		u_c	0.0231	0.0151	0.0129	0.0128	0.0127	0.0127	0.0121	0.0118	0.0169	0.0150	0.0216	0.0258
扩展标准不确定度 $k=2$		U	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.05	0.06

表 C.6-2 LS2P 型实验室标准传声器

dB

序号	来源	符号	20Hz	31.5Hz	50Hz	63Hz	125Hz	250Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	10kHz	12.5kHz	16kHz	20kHz	25kHz
1	灵敏度校准	$u_1 = s$	0.0118	0.0101	0.0100	0.0077	0.0093	0.0086	0.0085	0.0085	0.0089	0.0113	0.0133	0.0159	0.0194	0.0219	0.0271
2	极化电压	u_2	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009
3	电压比	u_3	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043
4	串音	u_4	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025
5	噪声	u_5	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
6	失真	u_6	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
7	频率	u_7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	耦合腔长度	u_8	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0006	0.0010	0.0016	0.0026	0.0046	0.0100
9	耦合腔直径	u_9	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	耦合腔表面积	u_{10}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11	耦合腔体积	u_{11}	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037
12	耦合腔泄漏	u_{12}	0.0217	0.0087	0.0050	0.0022	0.0011	0.0003	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13	传声器前腔长度	u_{13}	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0016	0.0026	0.0045	0.0075	0.0100	0.0140
14	等效和前腔体积	u_{14}	0.0067	0.0068	0.0069	0.0069	0.0070	0.0070	0.0070	0.0070	0.0068	0.0058	0.0040	0.0035	0.0014	0.0013	0.0075
15	膜片共振频率	u_{15}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0010	0.0022	0.0026	0.0060	0.0140	0.0290
16	膜片阻尼系数	u_{16}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0010	0.0010	0.0020	0.0022	0.0044	0.0040	0.0070	0.0150
17	串联电容 C	u_{17}	0.0190	0.0093	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0013	0.0017	0.0017	0.0020	0.0021	0.0025	0.0031	0.0038	0.0074
18	气压	u_{18}	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011
19	温度	u_{19}	0.0004	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0013	0.0022	0.0040	0.0072	0.0112	0.0120
20	湿度	u_{20}	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0006	0.0008	0.0012	0.0020	0.0040
21	数字取整	u_{21}	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
22	传声器气压修正	u_{22}	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0009	0.0019	0.0019	0.0019	0.0080	0.0090	0.0080
24	传声器温度修正	u_{24}	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0025	0.0036	0.0036	0.0043	0.0042	0.0060	0.0064
合成标准不确定度			u_c	0.0326	0.0189	0.0157	0.0136	0.0145	0.0140	0.0131	0.0132	0.0134	0.0153	0.0167	0.0261	0.0339	0.0500
扩展标准不确定度 $k=2$			U	0.07	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.06	0.07	0.10