



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1137—2005

传声器前置放大器校准规范

Calibration Specification for Microphone Preamplifiers

2005 - 10 - 09 发布

2006 - 01 - 09 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

传声器前置放大器校准规范

**Calibration Specification
for Microphone Preamplifiers**

JJF 1137—2005

本规范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 1 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：衡阳仪表电气设备有限公司

中船重工集团第七零一研究所

中国计量科学研究院

中国电子科技集团公司第三研究所

本规范由全国声学计量技术委员会负责解释

本规范起草人：

刘湘衡 （衡阳仪表电气设备有限公司）

刘方雄 （中船重工集团第七零一研究所）

谭家腾 （衡阳仪表电气设备有限公司）

陈剑林 （中国计量科学研究院）

潘月吾 （中国电子科技集团公司第三研究所）

唐 君 （中船重工集团第七零一研究所）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语和计量单位	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(1)
6 校准条件	(1)
6.1 环境条件	(1)
6.2 标准器及其他设备	(1)
7 校准项目和校准方法	(2)
7.1 校准项目	(2)
7.2 校准方法	(2)
8 校准结果表达	(4)
8.1 校准记录	(4)
8.2 校准数据处理	(4)
8.3 校准证书	(4)
8.4 校准结果不确定度评定	(4)
9 复校时间间隔	(4)
附录 A 校准记录的内容	(5)
附录 B 校准证书的内容	(6)
附录 C 校准结果不确定度的评定程序	(8)

传声器前置放大器校准规范

1 范围

本规范适用于与 $\phi 23.77\text{mm}$ 、 $\phi 12.7\text{mm}$ 或 $\phi 6.35\text{mm}$ 的实验室标准传声器、工作标准传声器或测试传声器配套使用的传声器前置放大器（以下简称前置放大器）的校准。

2 引用文献

本规范引用下列文献：

GB/T 3102.5—1993 《电学和磁学的量和单位》

GB/T 3102.7—1993 《声学的量和单位》

JJF 1001—1998 《通用计量术语及定义》

JJF 1034—2005 《声学计量名词术语及定义》

JJF 1059—1999 《测量不确定度评定和表示》

使用本规范时，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

本规范采用 JJF 1001—1998 和 JJG 1034—2005 中有关的术语和定义。

本规范采用 GB/T 3102.5—1993 和 GB/T 3102.7—1993 中规定的量和单位。

4 概述

前置放大器通常与电容传声器配套使用，它具有很高的输入阻抗和较低的输出阻抗，以实现电容传声器的高输出阻抗与后续电路的低输入阻抗之间的匹配，从而保证声测量信号的有效传送和处理。

5 计量特性

前置放大器的计量特性有：

- 1) 频率响应；
- 2) 传输损失；
- 3) 本机噪声。

6 校准条件

6.1 环境条件

空气温度： $(23 \pm 3)^\circ\text{C}$ ；

相对湿度： $(30 \sim 80)\%$ 。

6.2 标准器及其他设备

- 1) 数字电压表

数字电压表的分辨力应优于 0.1mV ，最大允许误差应优于 $\pm 0.5\%$ 。

2) 测量放大器

测量放大器的频率范围应不小于 $(10 \sim 50000)\text{Hz}$ ，频率响应的偏差优于 $\pm 0.2\text{dB}$ ，总谐波失真小于 0.1% ，在校准期间的稳定度应优于 $\pm 0.02\text{dB}$ 。

测量放大器的本机噪声至少应比被测前置放大器的本机噪声低 5dB 。

3) 正弦信号发生器

正弦信号发生器在 $(10 \sim 50000)\text{Hz}$ 的频率范围内，频率误差应优于 $\pm 0.25\%$ ，输出信号的总谐波失真小于 0.1% ，校准期间的幅值稳定度应优于 $\pm 0.02\text{dB}$ 。

4) 电容器

电容器的容量为 50pF 、 20pF 和 6.4pF ，误差优于 $\pm 5\%$ 。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

前置放大器的校准项目见表 1。

表 1 前置放大器的校准项目一览表

序号	项目名称
1	外观检查
2	频率响应
3	传输损失
4	本机噪声

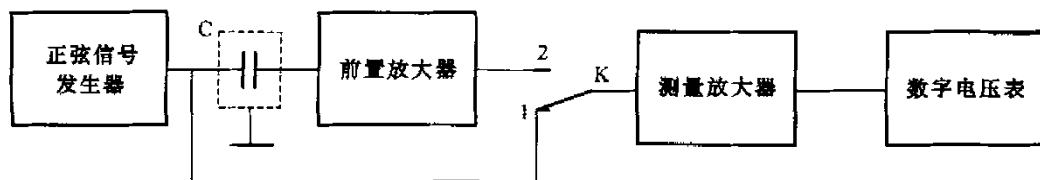
7.2 校准方法

7.2.1 外观检查

校准前应检查前置放大器的外观，应无影响正常工作的机械损伤，电气连接应可靠。

7.2.2 频率响应

前置放大器频率响应的测量装置方框图如图 1 所示。对适用于 $\phi 23.77\text{mm}$ 传声器的前置放大器，图中的等效电容 C 取为 50pF ；对适用于 $\phi 12.7\text{mm}$ 传声器的前置放大器， C 取为 20pF ；对适用于 $\phi 6.35\text{mm}$ 传声器的前置放大器， C 的值可取为 6.4pF 。



元件：C——电容器， 50pF 、 20pF 或 6.4pF ；K——单刀双掷转换开关。

图 1 频率响应测量装置方框图

测量步骤如下：

a) 开关 K 置于“1”，调节正弦信号发生器的信号频率为 1 kHz、输出电压为 1 V。

b) 开关 K 置于“2”，测量并记录数字电压表的读数 U_0 。

c) 将正弦信号发生器的信号频率依次改变为 10Hz、20Hz、31.5Hz、63Hz、125Hz、250Hz、500Hz、2kHz、4kHz、8kHz、16kHz、31.5kHz、40kHz 和 50kHz，保持其输出电压与在步骤 a) 时相同，测量并记录在各个测试频率上数字电压表的读数 U_i 。

d) 按式 (1) 计算相对于 1 kHz 时，前置放大器频率响应的偏差：

$$\delta_f = 20 \lg \frac{U_i}{U_0} \quad (1)$$

式中： δ_f ——前置放大器频率响应的偏差，dB；

U_0 ——1 kHz 的信号在数字电压表上产生的指示值，V；

U_i ——不同频率信号在数字电压表上产生的指示值，V。

注：在记录数据时应保留 4 位有效数字。

7.2.3 传输损失

前置放大器传输损失的测量装置方框图同图 1。

测量步骤如下：

a) 开关 K 置于“1”，将正弦信号发生器的频率调节为 1 kHz、输出电压为 1 V，读取并记录数字电压表的读数 U_{in} 。

b) 将开关 K 置于“2”，读取并记录数字电压表的读数 U_{out} 。

c) 按式 (2) 计算前置放大器的传输损失：

$$A = 20 \lg \frac{U_{in}}{U_{out}} \quad (2)$$

式中： A ——前置放大器的传输损失，dB；

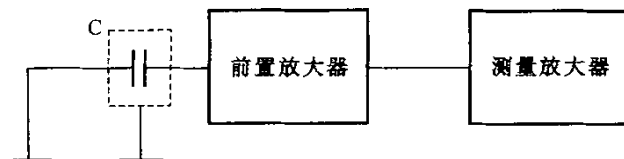
U_{in} ——前置放大器的输入电压，V；

U_{out} ——前置放大器的输出电压，V。

注：在记录数据时应保留 4 位有效数字。

7.2.4 本机噪声

前置放大器本机噪声的测量装置方框图见图 2。对适用于 $\phi 23.77\text{mm}$ 传声器的前置放大器，图中的等效电容 C 取为 50 pF；对适用于 $\phi 12.7\text{mm}$ 传声器的前置放大器，C 取为 20pF；对适用于 $\phi 6.35\text{mm}$ 传声器的前置放大器，C 取为 6.4pF。



元件：C——电容器，50 pF、20 pF 或 6.4 pF

图 2 本机噪声测量装置方框图

测量放大器分别置于线性响应和 A 计权时，从测量放大器的指示仪表的电压标度尺上，在 60 s 内随机读取 6 个电压值 U_i ，并按式 (3) 分别计算线性响应的和 A 计权的本机噪声算术平均值：

$$\bar{U} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 U_i \quad (3)$$

式中： \bar{U} ——前置放大器的本机器声平均值， μV ；

U_i ——随机测取的本机噪声电压值， μV 。

8 校准结果表达

8.1 校准记录

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。出具校准数据均保留一位小数。

8.3 校准证书

经校准的仪器应出具校准证书。校准证书应包括的信息及推荐的校准证书的内页格式见附录 B。

8.4 校准结果不确定度评定

前置放大器校准结果不确定度按 JJF 1059—1999 的要求评定，不确定度评定的实例见附录 C。

9 复校时间间隔

前置放大器的复校时间间隔建议为一年。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

前置放大器校准记录的内容及推荐的格式见图 A.1。

前置放大器校准记录				共 页 第 页		
送校单位：_____		校准日期：_____ 年 _____ 月 _____ 日				
制造单位：_____		产品型号：_____ 出厂编号：_____				
一、外观检查						
二、频率响应						
正弦信号发生器的输出电压：_____ V，等效电容：_____ pF。						
测试频率/Hz	数字电压表指示值/V	偏差/dB				
1000						
10						
20						
31.5						
63						
125						
250						
500						
2000						
4000						
8000						
16000						
31500						
40000						
50000						
三、传输损失						
等效电容/pF	输入电压/V	输出电压/V	传输损失/dB			
四、本机噪声						
等效电容/pF	频率计权	测量值/ μ V				平均值/ μ V
	A					
	Lin					
校准结果不确定度的描述：						
校准的技术依据：						
校准所使用的标准装置的名称：						
校准的环境条件：						
空气温度：_____ $^{\circ}$ C； 相对湿度：_____ %；						
校准员：_____			核验员：_____			

图 B.1 校准记录内页的格式

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，如“校准证书”；
- b) 证书的编号、页码及总页数；
- 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（如果不在实验室内进行校准）；
- f) 送校单位的名称和地址；
- g) 被校前置放大器的型号、规格及出厂编号；
- h) 本技术规范的名称及代号；
- i) 本次校准所用测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) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识，以及签发日期；
- m) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- n) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

B.2 推荐的前置放大器校准证书的内页格式见图 B.1。

校准结果

共 页 第 页

一、外观检查

二、频率响应

输入电压为 _____ V，等效电容为 _____ pF，相对于 1 kHz，频率响应的偏差：

测试频率/Hz	10	20	31.5	63	125	250	500
偏差/dB							
测试频率/Hz	2000	4000	8000	16000	31600	40000	50000
偏差/dB							

三、传输损失

输入电压为 _____ V，频率为 1 kHz，等效电容为 _____ pF 时的传输损失： _____ dB

四、本机噪声

等效电容为 _____ pF 时，60 s 内本机噪声的平均值：

频率计权或响应	A 计权	线性响应
本机噪声/ μ V		

校准结果不确定度的描述：

校准技术依据：

校准所使用的标准装置名称：

校准的环境条件：

空气温度： _____ $^{\circ}$ C； 相对湿度： _____ %；

图 B.1 校准证书内页的格式

附录 C

校准结果不确定度的评定程序

C.1 频率响应校准不确定度的评定

C.1.1 数字模型

前置放大器的频率响应的校准,是在保持输入信号幅值恒定的前提下,在 10 Hz 至 50 kHz 范围内的各倍频程频率或 1/3 倍频程频率上测试前置放大器的输出电压。以 1 kHz 为参考频率,按下式计算前置放大器的频率响应在各测试频率上的偏差:

$$\delta_f = 20 \lg \frac{U_i}{U_0} \quad (\text{C.1})$$

式中: δ_f ——前置放大器频率响应的偏差, dB;

U_0 ——1 kHz 的信号在数字电压表上产生的指示值, V;

U_i ——不同频率信号在数字电压表上产生的指示值, V。

本规范要求前置放大器在 10 Hz 至 50 kHz 的频率范围内,以 1 kHz 为参考,频率响应的偏差一般应优于 ± 0.5 dB。

C.1.2 标准不确定度的 A 类评定

A 类标准不确定度主要来源于测量的重复性,本范例在相同的测量条件下对某型号前置放大器的频率响应偏差重复测量 6 次,得到的结果如表 C.1 所示。

表 C.1 频率响应偏差的重复测量

测量次数	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次
1 kHz 时的示值/V	4.741	4.742	4.742	4.743	4.742	4.741
50 kHz 时的示值/V	4.841	4.840	4.843	4.844	4.843	4.842
频率响应的偏差/dB	0.181	0.178	0.183	0.183	0.183	0.183
平均值/dB	0.1818					

测量重复性引入和不确定度分量为

$$u_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (x_i - \bar{x})^2}{6-1}} = 0.002 \text{ dB}$$

式中: x_i ——第 i 次测量值, dB;

\bar{x} ——6 次测量结果的平均值, dB。

C.1.3 标准不确定度的 B 类评定

C.1.3.1 数字电压表示值误差引入的标准不确定度分量

数字电压表示值误差的半区间为 0.5%, 约等于 0.043 dB, 其引入的标准不确定度按均匀分布估计, 取包含因子 $k = \sqrt{3}$, 即, 数字电压表示值误差引起的不确定度分量为

$$u_{B1} = 0.043 / \sqrt{3} = 0.025 \text{ dB}$$

C.1.1.3.2 测量放大器频率响应引入的标准不确定度分量

测量放大器频率响应的偏差优于 ± 0.2 dB，其引入的标准不确定度按非均匀分布估计，取包含因子 $k = 2$ ，此项所引入的标准不确定度分量为

$$u_{B2} = 0.2/2 = 0.1 \text{ dB}$$

C.1.1.3.3 测量放大器稳定度引入的标准不确定度分量

测量放大器在校准期间的稳定度优于 ± 0.02 dB，其引入的标准不确定度按均匀分布估计，取包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，故测量放大器稳定度所引起的标准不确定度分量为

$$u_{B3} = 0.02/\sqrt{3} = 0.012 \text{ dB}$$

C.1.1.3.4 信号发生器稳定度引入的标准不确定度分量

信号发生器在校准期间的稳定度优于 ± 0.02 dB，其引入的标准不确定度按均匀分布估计，取包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，故信号发生器稳定度所引起的标准不确定度分量为

$$u_{B4} = 0.02/\sqrt{3} = 0.012 \text{ dB}$$

C.1.1.3.5 其他因素引入的标准不确定度分量

尽管信号发生器有着优于 $\pm 0.25\%$ 的频率误差，但由于前置放大器的频率响应相对平坦，较小的信号频率误差所引起的不确定度分量非常小，因而可忽略不计。

等效电容的容量变化 $\pm 5\%$ 时，对总输入阻抗的影响估计在 $\pm 0.2\%$ ，所引起的不确定度分量估计在 $u_{B5} = 0.02$ dB 以内。

计算过程中数据修约误差所带来的不确定度分量为

$$u_{B6} = 0.005/\sqrt{3} = 0.03 \text{ dB}$$

C.1.4 合成标准不确定度

频率响应校准不确定度的来源及数值汇总于表 C.2 中。

表 C.2 频率响应校准不确定度的来源

序号	标准不确定度		
	来源	符号	数值/dB
1	重复性	u_A	0.002
2	数字电压表示值误差	u_{B1}	0.025
3	测量放大器频率响应的偏差	u_{B2}	0.100
4	测量放大器的稳定度	u_{B3}	0.012
5	信号发生器的稳定度	u_{B4}	0.012
6	等效电容的容量误差	u_{B5}	0.020
7	数字修约误差	u_{B6}	0.030

表 C.2 中各分量独立无关，故合成标准不确定度为

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_{B1}^2 + u_{B2}^2 + u_{B3}^2 + u_{B4}^2 + u_{B5}^2 + u_{B6}^2} = 0.111 \text{ dB}$$

C.1.5 合成标准不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则前置放大器频率响应校准的扩展不确定度为

$$U = 2 \times 0.111 \approx 0.22 \text{ dB}$$

C.2 传输损失校准不确定度的评定

C.2.1 数学模型

前置放大器的传输损失的校准，是在信号频率为 1 kHz 时，分别测量前置放大器的输入电压和输出电压，按式 (C.2) 计算传输损失。

$$A = 20 \lg \frac{U_{\text{in}}}{U_{\text{out}}} \quad (\text{C.2})$$

式中： A ——前置放大器的传输损失，dB；

U_{in} ——前置放大器的输入电压，V；

U_{out} ——前置放大器的输出电压，V。

本规范要求，前置放大器的传输损失一般不大于 $\pm 0.5\text{dB}$ 。

C.2.2 标准不确定度的 A 类评定

A 类标准不确定度主要来源于测量的重复性，本范例在相同的测量条件下对某型号前置放大器的传输损失重复测量 6 次，得到的结果如表 C.3 所示。

表 C.3 传输损失的重复性测量

测量次数	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次
输入电压/V	4.770	4.770	4.768	4.771	4.769	4.769
输出电压/V	4.760	4.761	4.760	4.761	4.761	4.761
传输损失/dB	0.0182	0.0164	0.0146	0.0182	0.0146	0.0146
平均值/dB	0.0161					

测量重复性引入和不确定度分量为

$$u_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (x_i - \bar{x})^2}{6-1}} = 0.002\text{dB}$$

式中： x_i ——第 i 次测量值，dB；

\bar{x} ——6 次测量结果的平均值，dB。

C.2.3 标准不确定度的 B 类评定

按照本规范的要求，前置放大器的传输损失和频率响应校准所用的标准器和仪器设备是完全一样的，测量方法也基本相同，故需考虑引入的不确定度的诸因素与 C.1.3 基本上是一致的，惟一的不同之处在于传输损失只需在 1 kHz 一个频率上测量。所以在评定传输损失校准的不确定度时，不必考虑测量放大器频率响应的偏差。

C.2.4 合成标准不确定度

传输损失校准不确定度的来源及数值汇总于表 C.4。

表 C.4 传输损失校准不确定度的来源

序号	标准不确定度		
	来源	符号	数值/dB
1	重复性	u_A	0.002
2	数字电压表示值误差	u_{B1}	0.025
3	测量放大器的稳定度	u_{B3}	0.012
4	信号发生器的稳定度	u_{B4}	0.012
5	等效电容的容量误差	u_{B5}	0.020
6	数字修约误差	u_{B6}	0.030

表 C.4 中各分量独立无关，故合成标准不确定度为

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_{B1}^2 + u_{B3}^2 + u_{B4}^2 + u_{B5}^2 + u_{B6}^2} = 0.047 \text{ dB}$$

C.2.5 合成标准不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则前置放大器传输损失校准的扩展不确定度为

$$U = 2 \times 0.047 \approx 0.09 \text{ dB}$$