

中 华 人 民 共 和 国

国家计量检定规程

标 准 电 容 传 声 器
(自由场互易法)

JJG 482—87

标准电容传声器
(自由场互易法)检定规程
Verification Regulation of Standard
Condenser Microphones Free-field
Reciprocity Method

JJG 482—87

本检定规程经国家计量局于1987年2月23日批准，并自1987年10月1日起施行。

归口单位： 中国测试技术研究院

起草单位： 中国测试技术研究院

本规程技术条文由起草单位负责解释。

本规程主要起草人：

段贵荣（中国测试技术研究院）

参加起草人：

郝豫川（中国测试技术研究院）

目 录

一 概述.....	(1)
二 技术要求.....	(1)
三 检定条件.....	(1)
(一) 检定用设备.....	(1)
(二) 检定环境条件.....	(2)
四 检定项目和检定方法.....	(2)
五 检定结果的处理和检定周期.....	(6)
附录1 空气衰减值表.....	(8)
附录2 传声器声中心位置.....	(11)
附录3 检定记录计算格式.....	(13)
附录4 检定证书记录格式.....	(15)

标准电容传声器（自由场互易法）检定规程

本规程适用于新制造、使用中和修理后的直径为 $\phi 23.77$ mm、极化电压200 V的标准电容传声器（以下简称标准传声器）在1 250~20 000 Hz频率范围内自由场开路灵敏度的检定。

一 概 述

电容传声器是一种靠电容量变化而起声电换能作用的传声器。它包括换能部分的极头和前置放大器。传声器的自由场互易校准，是根据电声互易原理，用三只线性可逆的传声器，通过对它们两两配对的接收灵敏度与发射灵敏度之比的测量，而作精确的绝对校准。

二 技 术 要 求

1 标准传声器自由场灵敏度级：在频率为250 Hz，以1 V/Pa为0 dB时，自由场灵敏度级为 -26 ± 2 dB。

2 自由场频率响应：声场型频率范围为2.6~18 000 Hz的不均匀度为 ± 2 dB。

3 本规程在1 250~20 000 Hz频率范围内检定标准传声器自由场开路灵敏度级的准确度为 ± 0.3 dB。

三 检 定 条 件

（一）检定用设备

4 检定用主要仪器及设备

4.1 声频信号发生器。在所用的频率范围内，频率准确度应优于 $\pm 0.1\%$ ，波形失真应小于0.5%。

4.2 选频放大器。应具有窄带滤波器（恒定带宽或恒定百分带宽）、表头指示准确度应优于 ± 0.2 dB（满刻度）。输入端短路时的固有噪声应低于10 μ V（线性），波形失真应小于0.5%。

4.3 精密交流电阻箱。在所用频率范围内的准确度应优于

$\pm 0.2\%$ 。

4.4 数字电压表。准确度应优于 $\pm 0.03\%$ (直流)，输入阻抗应大于 $10\text{ M}\Omega$ 。

4.5 前置放大器。应具有插入电压校准功能，噪声应低于 $3\mu\text{V}$ (A 计权)，波形失真应小于 1% 。

4.6 参考接地屏蔽结构。发射、接收传声器的接地屏蔽结构均应满足 IEC 486 的要求。

4.7 自由声场。在 1000 Hz 以上频率的自由声场偏离应小于 $\pm 0.2\text{ dB}$ 。(在消声室内安装有固定传声器的支架。支架与地网及电缆等对声场的干扰应尽量减小，以满足自由声场偏离小于 $\pm 0.2\text{ dB}$ 的要求)。

4.8 高阻抗直流电压表。准确度应优于 0.05% ，输入阻抗应大于 $10^{12}\Omega$ 。

4.9 水银气压计。准确度应优于 $\pm 0.1\%$ 。

4.10 温度计。准确度应优于 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 。

4.11 游标卡尺。在 $0\sim 500\text{ mm}$ 测量范围内的准确度应优于 $\pm 0.2\text{ mm}$ 。

(二) 检定环境条件

5 检定时应满足以下环境条件：

温度： $23\pm 5^\circ\text{C}$ ；

气压： $94\sim 103\text{ kPa}$ ；

相对湿度： $30\sim 90\%$ 。

四 检定项目和检定方法

6 外观检查

标准传声器应具有明确的标志(包括型号、序号等)，应无任何机械损伤或变形，膜片应无污染。

7 自由场灵敏度级

根据互易原理，将三只可逆、无源、线性的电容传声器按图 1 两两交替置于自由声场中。当 $d_{12} = d_{23} = d_{31} = d$ 时，传声器的平面自

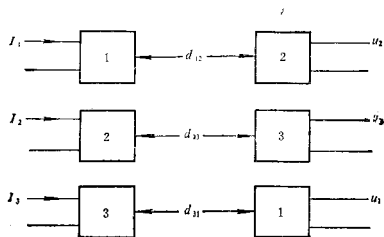


图 1

由声场灵敏度为:

$$M_{f_1}^{(1)} = \left(\frac{2d}{\rho f} \frac{\frac{u_2}{I_1} \frac{u_1}{I_3}}{\frac{u_3}{I_2}} \exp ad \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$M_{f_2}^{(2)} = \left(\frac{2d}{\rho f} \frac{\frac{u_2}{I_1} \frac{u_3}{I_2}}{\frac{u_1}{I_3}} \exp ad \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$M_{f_3}^{(3)} = \left(\frac{2d}{\rho f} \frac{\frac{u_3}{I_2} \frac{u_1}{I_3}}{\frac{u_2}{I_1}} \exp ad \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

式中: d ——两传声器的声中心间距 (m);

ρ ——空气密度 (kg/m^3);

f ——频率 (Hz);

a ——空气吸收系数;

I_1 、 I_2 、 I_3 ——传声器 1、2、3 作发送时的发送电流;

u_1 、 u_2 、 u_3 ——传声器 1、2、3 作接收时的开路输出电压;

(u_2/I_1) [或 (u_3/I_2) 、 (u_1/I_3)]——由发送传声器、声场及接

收传声器所组成的系统的电转移阻抗。

由以上公式可以看出，传声器的自由场灵敏度可通过测量以上公式中的参量后计算取得。

为了使传声器发送与接收状态相同，采用了完全对称的电路结构。

检定装置发送回路如图2（均用屏蔽接线）。

检定装置的接收回路如图3（均用屏蔽接线）。

7.1 极头端极化电压的测定

用高阻抗直流电压表（无此表可用平衡法）在极头端测得极化电

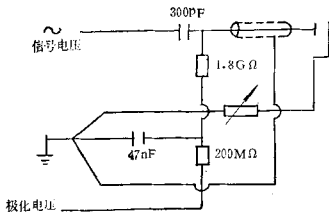


图 2

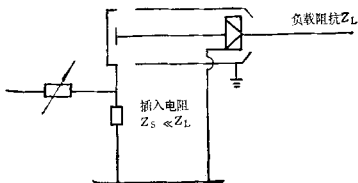


图 3

压应为 $200 \pm 0.1 \text{ V}$ 。

7.2 信噪比、信号·串音比的测定

整个系统的信噪比在 1.25 kHz 时应大于 30 dB，信号·串音比应大于 35 dB。

7.3 自由场灵敏度级的测定

电转移阻抗测试方框图如图 4。

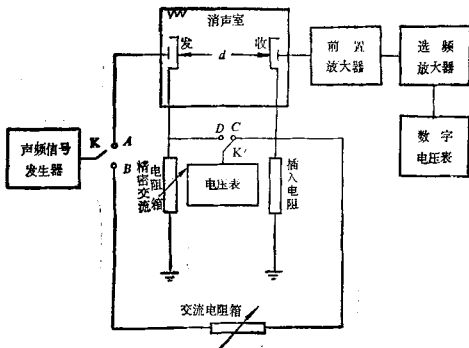


图 4

首先将声学测试系统按规定时间预热。将发送传声器与接收传声器分别装在消声室内的支架上，并精确测定两传声器声中心间的距离 $d(\text{m})$ ，传声器的声中心值可以直接查表（见附录 2）。

调节支架系统在水平和垂直方向的偏离，二者均应小于 3 mm。

校准频率为：1.25、1.6、2、2.5、3.15、4、5、6.3、8、10、12.5、16、20 kHz。

7.3.1 电转移阻抗的测定

首先将分别作发送和接收的传声器 1、2 安装在支架上，精确测定两传声器声中心间的距离 d_{12} 。将开关 K 接到 A，在待校频率由声频信号发生器供给发送传声器一定电压（使传声器失真度小于 10%）时，读取接收传声器在数字电压表上的示值 V_1 。保持声频信号发生器输出电压不变，再将开关 K 接到 B，调节交流电阻箱，使数字电压表上的示值与 V_1 相同，此时将开关 K' 接到 C，在电压表上得示值 V_2 。再将开关 K 接到 A，开关 K' 接到 D，调节精密交流电阻箱，使电压表上的示值与 V_2 相同，这时精密交流电阻箱上的示值 R_{12} 为：

$$R_{12} = \frac{u_2}{I_1}$$

交换传声器，并使 $d_{23} = d_{31} = d_{12} = d$ ，重复以上步骤可得到，

$$R_{31} = \frac{u_1}{I_3} \quad R_{23} = \frac{u_3}{I_2}$$

7.3.2 自由场灵敏度级的计算

测出三个电转移阻抗后，可用下式计算三只标准传声器的自由场开路灵敏度级：

$$L_{p,2}^{(1)} = 10 \lg \frac{2d}{\rho f} + 10 \lg R_{12} + 10 \lg R_{31} - 10 \lg R_{23} + \frac{1}{2} \Delta_A d$$

$$L_{p,2}^{(2)} = 10 \lg \frac{2d}{\rho f} + 10 \lg R_{12} + 10 \lg R_{23} - 10 \lg R_{31} + \frac{1}{2} \Delta_A d$$

$$L_{p,2}^{(3)} = 10 \lg \frac{2d}{\rho f} + 10 \lg R_{31} + 10 \lg R_{23} - 10 \lg R_{12} + \frac{1}{2} \Delta_A d$$

$\Delta_A = 8.686 \alpha$ 是声波在空气中的衰减，可直接查表得出（见附录 1）。

按 7.3.1 和 7.3.2 的步骤至少重复六次，计算出三只标准传声器的自由场开路灵敏度级的平均值。

五 检定结果的处理和检定周期

8 经检定合格的标准传声器由检定单位发给检定证书，检定不

合格的标准传声器发给检定结果通知书。

9 标准电容传声器的检定周期一般为两年，实行强制检定的不得超过两年。

附录 1

空气衰减值表

下表中列出了作为频率、温度及相对湿度的函数的空气中声衰减值，本表在 2 m 距离内有效。

表中数值乘以 10^{-2} 表示每米衰减的 dB 数 (dB/m)。

温度 (°C)	频率 (kHz)	相 对 湿 度 (%)															
		20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	
16	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	2.5	4	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	3.15	5	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	
	4	8	6	5	5	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	
	5	11	9	8	7	6	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3	
	6.3	16	14	12	10	9	8	7	6	6	5	5	5	4	4	4	
	8	21	20	18	15	14	12	11	10	9	8	8	7	7	7	6	
	10	26	26	25	22	20	18	16	15	14	13	12	11	10	10	9	
	12.5	32	34	33	31	29	26	24	22	20	19	18	17	16	15	14	
	16	38	43	44	43	41	39	36	33	31	29	27	26	24	23	22	
	20	44	51	55	56	55	53	51	48	45	42	40	38	36	34	33	
25	50	60	67	70	72	71	70	67	64	61	58	55	53	51	49		
18	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	2.5	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	3.15	5	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	
	4	7	6	5	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	
	5	11	9	7	6	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3	3	
	6.3	15	13	11	9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	4	4	
	8	21	19	16	14	13	11	10	9	8	8	7	7	6	6	6	
	10	28	26	24	21	19	17	15	14	13	12	11	10	10	9	9	
	12.5	34	35	33	30	27	24	22	20	19	17	16	15	14	14	13	
	16	42	46	45	43	40	37	34	31	29	27	25	23	23	21	20	
	20	50	56	58	57	55	52	48	45	42	40	38	36	34	32	30	
25	58	67	72	74	74	71	68	65	61	58	55	52	50	47	45		

续表

温度 (°C)	频率 (kHz)	相 对 湿 度 (%)															
		20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	
20	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	2.5	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	3.15	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	
	4	7	5	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	
	5	10	8	7	6	5	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	
	6.3	15	12	10	9	7	7	6	5	5	5	4	4	4	4	4	
	8	21	19	15	13	12	10	9	8	8	7	7	6	6	6	6	
	10	28	25	22	19	17	15	14	13	12	11	10	9	9	8	8	
	12.5	36	35	32	28	25	23	21	19	17	16	15	14	13	13	13	
	16	46	47	45	42	38	34	32	29	27	25	23	22	21	20	19	
	20	55	59	60	57	54	49	46	43	40	37	35	33	31	30	28	
	25	65	73	76	76	74	70	66	62	58	55	52	49	46	44	42	
22	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	2.5	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	3.15	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	
	4	6	5	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	
	5	9	7	6	5	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	
	6.3	14	11	9	8	7	6	6	5	5	4	4	4	4	4	4	
	8	20	17	14	12	11	9	8	8	7	7	6	6	6	5	5	
	10	28	24	21	18	16	14	13	12	11	10	9	9	8	8	8	
	12.5	37	34	30	26	23	21	19	17	16	15	14	13	12	12	11	
	16	48	48	44	39	35	32	29	27	25	23	22	20	19	18	17	
	20	60	62	60	56	51	47	43	40	37	35	32	31	29	27	26	
	25	72	78	79	77	72	67	62	58	55	51	48	46	43	41	39	
24	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	2.5	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	3.15	4	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	4	6	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	5	8	7	5	5	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	6.3	13	10	8	7	6	6	5	5	4	4	4	4	4	4	4	
	8	19	15	13	11	10	9	8	7	7	6	6	6	5	5	5	
	10	27	22	19	17	14	13	12	11	10	9	9	8	8	8	7	
	12.5	37	32	28	24	22	19	17	16	15	14	13	12	11	11	11	
	16	50	47	42	37	33	30	27	25	23	21	20	19	18	17	16	
	20	63	63	59	53	48	44	40	37	35	32	30	28	27	26	24	
	25	78	82	80	76	69	64	59	55	51	48	45	43	41	39	37	

续表

湿度 (%)	频率 (kHz)	相 对 湿 度 (%)															
		20	25	30	35	40	46	50	55	60	65	70	75	80	85	90	
26	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	2.5	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	3.15	4	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	4	6	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	5	9	7	6	5	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	6.3	13	10	8	7	6	6	5	5	4	4	4	4	4	4	4	
	8	19	15	13	11	10	9	8	7	7	6	6	6	6	5	5	
	10	27	22	19	17	14	13	12	11	10	9	8	8	8	8	7	
	12.5	37	32	28	24	22	19	17	16	15	14	13	12	11	11	11	
	16	50	47	42	37	33	30	27	25	23	21	20	19	18	17	16	
	20	63	63	59	53	48	44	40	37	35	32	30	28	27	26	24	
25	78	82	80	75	69	64	59	55	51	48	45	43	41	39	37		
28	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	2.5	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	3.15	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	
	4	5	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	5	7	6	5	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	6.3	11	9	7	6	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
	8	16	13	11	9	8	7	7	6	6	6	5	5	5	5	5	
	10	24	20	16	14	12	11	10	9	9	8	8	8	7	7	7	
	12.5	35	29	24	21	18	16	15	14	13	12	11	11	10	10	10	
	16	50	47	37	33	29	26	23	21	20	19	18	17	16	15	15	
	20	67	61	54	48	43	39	35	32	30	28	26	25	24	23	22	
25	87	84	77	69	63	57	52	48	45	42	40	37	36	34	33		
30	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	2.5	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	3.15	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	
	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	5	7	6	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	6.3	10	8	7	6	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	3	
	8	15	12	10	9	8	7	6	6	6	6	5	5	5	5	5	
	10	22	18	15	13	11	10	9	9	8	8	8	7	7	7	7	
	12.5	33	27	23	20	17	15	14	13	12	11	11	11	10	10	10	
	16	48	41	35	30	27	24	22	20	19	18	17	16	15	15	14	
	20	67	59	51	45	40	36	33	30	28	26	25	24	23	22	21	
25	89	82	74	66	59	54	49	45	42	40	37	35	34	32	31		

附录 2

传声器声中心位置

根据定义, 声中心取决于方位、频率以及观测点至换能器的距离。对足够远的观测点, 膜片中心即可作为声中心。但在互易校准中, 一般的校准距离范围是 200~1 000 mm。在这种情况下, 可利用下述图表中给出的数值。图表中数值的不确定度在计算自由场灵敏度时引起的误差小于 0.05 dB。以下三种结构 (图 1~3) 的 $\phi 23.77$ mm 标准传声器相对于膜片的声中心位置值, 作为频率的函数给出, 图表中的负号表示声中心位于膜片的前方。

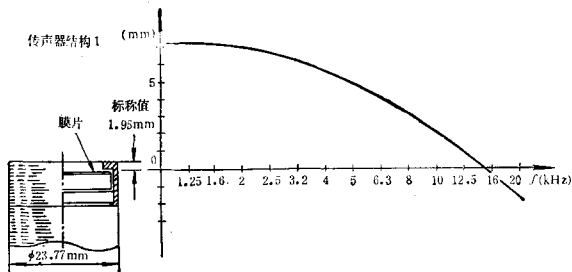


图 1

垂直入射时相对于膜片的声中心位置列表值

kHz	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20
mm	7.2	7.1	6.9	6.6	6.2	5.7	5.0	4.2	3.3	2.2	0.9	-0.4	-1.9

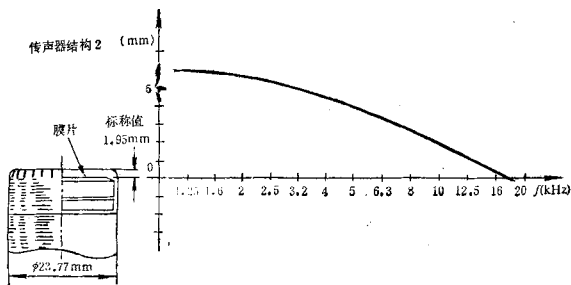


图 2

垂直入射时相对于膜片的声中心位置列表值

kHz	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20
mm	6.1	6.0	5.8	5.4	5.1	4.6	4.0	3.4	2.8	2.0	1.2	0.3	-0.6

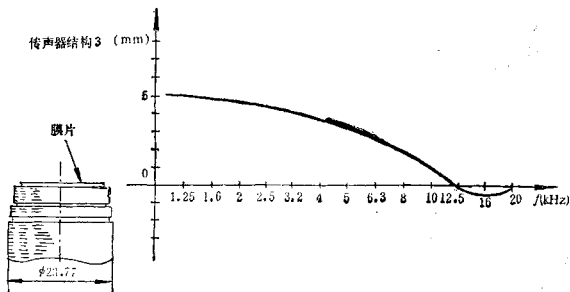


图 3

垂直入射时相对于膜片的声中心位置列表值

kHz	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20
mm	5.0	4.9	4.8	4.6	4.3	4.0	3.6	2.9	2.2	1.2	0.2	-0.3	0

附录 3

检定记录计算格式

日 期:	声中心间距: (m)	气 压: (Pa)	温度: °C
频 率: (kHz)	极化电压: (V)	相对湿度: %	

传 声 器 编 号	1	2	3
型 号			
序 号			

校 准 结 果

传 声 器	1 ~ 2	1 ~ 3	2 ~ 3
R_{1j}			
R_{2j}			
$\frac{1}{2}(R_{1j} + R_{2j})$			
$\text{dB}_{1j} = 10 \lg \left[\frac{1}{2}(R_{1j} + R_{2j}) \right]$	A	B	C

ρ	$2d/\rho f$	$10 \lg \frac{2d}{\rho f}$	Δ_A	$\frac{1}{2} \Delta_A d$

开路灵敏度级的计算,

M_i	M_1	M_2	M_3
dB_{1j}	A	A	B
dB_{1k}	B	C	C
$\text{dB}_{1j} + \text{dB}_{1k}$			
dB_{jk}	C	B	A
$\text{dB}_{1j} + \text{dB}_{1k} - \text{dB}_{jk}$			
$10 \lg \frac{2d}{\rho f}$			
$\frac{1}{2} \Delta A d$			
L_{ps}			

 $f =$

(kHz)

L_{1z} (dB) M_1	M_1	M_2	M_3
校准次数			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
\bar{L}_{ps} (dB)			
标准偏差 σ (dB)			

附录 4

检定证书记录格式
自由场开路灵敏度级

L_{fz} (dB) M_1 f (kHz)	M_1	M_2	M_3
1.25			
1.6			
2			
2.5			
3.15			
4			
5			
6.3			
8			
10			
12.5			
16			
18			
20			

检定环境条件:

温 度 _____ °C

气 压 _____ kPa

相对湿度 _____ %

附加说明:

本检定规程经国家计量检定规程审定委员会声学专业委员会审定通过。