



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 665—2004

毫瓦级超声功率计

Ultrasonic Power Meter for Milliwatt Level

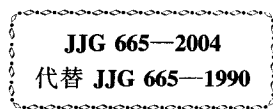
2004 - 09 - 21 发布

2005 - 03 - 21 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

毫瓦级超声功率计检定规程

**Verification Regulation of Ultrasonic
Power Meter for Milliwatt Level**



本规程经国家质量监督检验检疫总局 2004 年 09 月 21 日批准，并自 2005 年 03 月 21 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

广东省计量科学研究院

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：

朱 岩 （中国计量科学研究院）

边文萍 （中国计量科学研究院）

许月珍 （广东省计量科学研究院）

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 超声功率测量范围	(1)
4.2 频率范围	(1)
4.3 最大允许误差	(1)
5 通用技术要求	(1)
5.1 外观	(1)
5.2 铭牌、标志和使用说明书	(1)
6 计量器具控制	(2)
6.1 检定条件	(2)
6.2 检定项目	(3)
6.3 检定方法	(3)
6.4 检定结果的处理	(4)
6.5 检定周期	(4)
附录 A 毫瓦级超声功率计检定证书内页格式	(5)
附录 B 毫瓦级超声功率计检定结果通知书内页格式	(6)
附录 C 不确定度的评定实例	(7)

毫瓦级超声功率计检定规程

1 范围

本规程适用于超声功率为 (1 ~ 500) mW 范围内的毫瓦级超声功率计的首次检定、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：

GB/T 7966—1997 《(0.5 ~ 10) MHz 频率范围内超声声功率的测量》

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

毫瓦级超声功率计主要由消声水槽、反射靶、传感器和示值显示部分构成。毫瓦级超声功率计作为一种便携式的超声功率测量仪器，以其操作简便携带方便而广泛应用在各超声仪器生产厂、医疗部门和各计量部门。

毫瓦级超声功率计通常采用辐射力原理，利用接收靶和测微力传感器等构成的测量系统，测量超声场中的辐射力，按声力转换公式得出相应的平均超声功率。

4 计量性能要求

4.1 超声功率测量范围

超声功率测量范围：(1 ~ 500) mW。对仅用于检定超声诊断仪、多普勒胎心仪及超声监护仪的超声功率计，功率测量范围可在 (1 ~ 100) mW 之间。

4.2 频率范围

频率范围：(0.5 ~ 10) MHz。

4.3 最大允许误差

最大允许误差：±10%。

5 通用技术要求

5.1 外观

- 5.1.1 机壳表面应平整光洁、不应有影响仪器准确度的外观损伤。
- 5.1.2 开关调节旋钮（或螺丝）应齐全，使用方便、可靠、准确。
- 5.1.3 外接导线及插头、插座应安全牢固、连接可靠、无松动现象。

5.2 铭牌、标志和使用说明书

- 5.2.1 毫瓦级超声功率计应具有以下清晰而耐久的标志：

- 1) 制造商的名称；
- 2) 产品的型号和出厂编号；

3) 采用国际标准或国家标准的标准代码和年代号；

4) 制造计量器具许可证  标志。

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，以免影响毫瓦级超声功率计的准确度。

5.2.3 每台毫瓦级超声功率计应附有使用说明书，包括所有附件的资料。

6 计量器具控制

计量器具控制包括：首次检定、后续检定及使用中的检验。

6.1 检定条件

6.1.1 计量标准及主要配套设备

6.1.1.1 毫瓦级标准超声源由超声频振荡器、标准换能器、阻抗匹配器、高频数字电压表等组成。

a) 超声频振荡器（由信号发生器和功率放大器组成）

频率范围：(0.5 ~ 10) MHz；

频率示值误差： $\pm 5 \times 10^{-5}$ ；

频率稳定度：优于 $2 \times 10^{-3}/d$ ；

最大输出电压：输出电压经阻抗匹配器施加在毫瓦级标准换能器上时，换能器输出的平均超声功率不小于 500mW；

输出信号的失真度：优于 2.0%。

b) 标准换能器

工作频率范围：(0.5 ~ 10) MHz。

辐射电导 G_r 稳定度： $\pm 2\%$ 。

标准换能器应为圆形平面活塞型，其换能元件选用稳定性好的石英或铌酸锂等单晶体压电材料，直径为 (1 ~ 5) cm。

标准换能器在常温下应具有水密性，标准换能器两极间的绝缘电阻应大于 $10M\Omega$ 。

c) 阻抗匹配器

输入阻抗应为 50Ω ，输出阻抗应与所匹配的换能器的阻抗相适应。

阻抗匹配器可附有与输入电压成比例的检测绕组，用以指示输出超声功率。

在使用频率范围内波形失真度：不大于 $\pm 1\%$ 。

d) 高频数字电压表

频率范围：(0.5 ~ 10) MHz；

示值误差：不超过 $\pm 1\%$ ；

输入阻抗：不大于 $1M\Omega$ 。

6.1.1.2 温度计：最大允许误差优于 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。

6.1.1.3 湿度计：最大允许误差优于 $\pm 4^\circ\text{C}$ 。

6.1.1.4 气压计：最大允许误差优于 $\pm 0.2\text{kPa}$ 。

6.1.2 环境条件

温度：(23 $\pm$ 3) $^\circ\text{C}$ ；

相对湿度：≤80%；

气压：(86~106) kPa。

6.2 检定项目

毫瓦级超声功率计的检定项目见表 1。

表 1 检验项目一览表

序号	检定项目	首次检定	后续检定	使用中的检验
1	外观检查	+	+	+
2	超声功率示值的检定	+	+	+
				(只检 10mW, 50mW, 100mW 三个功率点)
注：“+”表示需检项目。				

6.3 检定方法

6.3.1 外观检查

毫瓦级超声功率计在检定之前应进行外观检查，检查包括有产品的规格型号、产品名称、出厂编号、制造厂名等标志，外观不应有机械损伤。观察仪器各旋钮、按钮应完好有效。仪器显示正常，反射靶应工作正常，消声水槽应无渗漏现象，配件应完好齐全，应符合规定的要求。

6.3.2 毫瓦级超声功率示值的检定

6.3.2.1 将毫瓦级超声功率计放在无振动的水平工作台上，通过仪器底座对仪器进行平衡调节，且周围无振动和气流。

6.3.2.2 将符合 GB/T 7966—1997 标准要求的除气蒸馏水沿水槽内壁注入消声水槽中，除气蒸馏水注入消声水槽后，水槽内壁、吸声材料和反射靶等表面不应附有气泡。

6.3.2.3 根据检定装置图 1 所示，连接并安装好标准换能器，并使换能器表面不存有气泡。

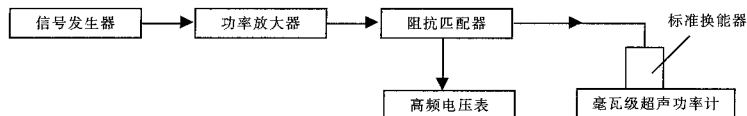


图 1 检定装置示意图

6.3.2.4 仪器通电，并按仪器说明书规定操作并预热。

将蒸馏水沿水槽壁缓缓注入超声功率计的水槽，安装反射靶并打开反射靶锁紧装置，按仪器说明书要求连接并进行平衡调节并预热，预热后在 (1~500) mW 范围内，对被检毫瓦级超声功率计的功率值最少应选取 10 个电压测量点 $U_1, U_2, U_3, \dots, U_{10}$ (电压由数字电压表监测，电压信号频率为检定用标准换能器的共振频率)，使标准换能

器输出的平均声功率值分别对应各测量点并逐点进行测量, 测量点分别为 1mW, 3mW, 5mW, 7mW, 10mW, 20mW, 50mW, 100mW, 300mW, 500mW。每个声功率点至少应重复测量 3 次。

6.3.2.5 数据处理:

- a) 按公式 (1) 计算各测点 n 次重复测量的平均超声功率值:

$$\bar{P} = (P_1 + P_2 + \cdots + P_n) / n \quad (1)$$

- b) 计算被检毫瓦级超声功率计各点的示值相对误差:

$$\Delta = \frac{\bar{P} - P}{P} \times 100\% \quad (2)$$

式中: $\bar{P}$ ——某一测量点的平均超声功率测量值, mW;

P ——标准超声功率值, mW。

其计算结果应符合本规程中第 4.3 条的规定。

6.3.3 使用中的检验

检验项目见表 1, 其中超声功率示值检定一项, 只需选择 6.3.2.4 条款中的 3 个功率点 (10mW, 50mW, 100mW) 进行检验, 检验方法见 6.3.2 条款规定。

使用中检验的最大允许误差不应超过检定时最大允许误差的 1.25 倍。

6.4 检定结果的处理

经检定, 符合本规程要求的毫瓦级超声功率计发给检定证书, 检定证书的内页格式见附录 A。检定不合格的毫瓦级超声功率计发给检定结果通知书, 并注明不合格的项目, 检定结果通知书的内页格式见附录 B。

6.5 检定周期

毫瓦级超声功率计的检定周期一般不超过 1 年。

附录 A

毫瓦级超声功率计检定证书内页格式

检 定 结 果

外观:

标准值/mW	测量值/mW	示值相对误差/%
1		
3		
5		
7		
10		
20		
50		
100		
300		
500		

检定环境条件:

温 度: _____℃

相对湿度: _____%

气 压: _____kPa

检定依据: JJG 665—2004 毫瓦级超声功率计检定规程

使用的标准装置名称: _____

标准装置扩展不确定度: _____

附录 B

毫瓦级超声功率计检定结果通知书内页格式

检 定 结 果

外观：

标准值/mW	测量值/mW	示值相对误差/%
1		
3		
5		
7		
10		
20		
50		
100		
300		
500		

检定环境条件：

温 度：_____℃

相对湿度：_____%

气 压：_____kPa

检定依据：JJG 665—2004 毫瓦级超声功率计检定规程

扩展不确定度：_____

使用的标准装置名称：_____

说明：

1. 对检定不合格项目应注“不合格”字样。
2. 对无法检定的项目可加以裁减。

附录 C

不确定度的评定实例

毫瓦级超声功率计功率示值测量的标准不确定度主要由毫瓦级标准超声源、读数分散性、温度等几部分组成。

C.1 数学模型：
$$\Delta P = P_i - P$$

式中： ΔP ——被检毫瓦级超声功率计功率值与标准毫瓦级超声功率之间所产生的功率差值；

P ——毫瓦级标准超声源输出的标准功率值；

P_i ——被检毫瓦级超声功率计的功率值。

C.2 方差及灵敏系数

由于 $f(P, P_i)$ 中的 P, P_i 互不相关，故其合成方差为：

$$u_c^2(\Delta P) = c^2(P)u^2(P) + c^2(P_i)u^2(P_i)$$

式中灵敏系数为：

$$c(P) = \frac{\partial(\Delta P)}{\partial(P)} = -1 \quad c(P_i) = \frac{\partial(\Delta P)}{\partial(P_i)} = 1$$

C.3 标准不确定度：

C.3.1 A 类标准不确定度的评定：

对仪器进行功率测量由读数分散性引入的标准不确定度 (u_1)，以 10mW 为例，对其进行 10 次独立测量，由测量数据计算单次测量的标准差 (s)。测量数据及计算如下表 C.1：

表 C.1 测量数据及计算

独立测量序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
声功率 P_i/mW	10.0	9.9	10.0	9.9	10.0	9.9	9.9	9.9	10.0	10.0
平均值/mW	9.95									

$$\text{单次测量标准差: } s = \sqrt{\frac{\sum (P_i - \bar{P})^2}{n-1}} = \sqrt{0.025/9} = 0.053 \text{ (mW)} = 0.53\%$$

$$\text{平均值的标准偏差: } s_1 = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.31\%$$

即由读数分散性引起的标准不确定度： $u_1 = s_1 = 0.31\%$

C.3.2 B 类标准不确定度的评定：

C.3.2.1 由毫瓦级标准超声源引入的标准不确定度 u_2

由于毫瓦级标准超声源是毫瓦级超声功率副基准的一部分，其扩展不确定度与毫瓦级超声功率副基准相同均为 5% ($k=3$)。所以毫瓦级标准超声源引入的标准不确定度 $u_2 = 1.7\%$ 。

C.3.2.2 由声速变化引入的标准不确定度 u_3

$$c_t = 1557 - 0.0245 (74 - t)^2$$

$$u^2(c_t) = \left[\frac{\partial (c_t)}{\partial (t)} \right]^2 u^2(t)$$

若测量温度为 23℃，测量温度变化 $\pm 3^\circ\text{C}$ 时，以均匀分布考虑

$$u(t) = \frac{3}{\sqrt{3}} = 1.73$$

则 $u_{c(t)} = [2 \times 0.0245 (74 - 23)] \times 1.73 = 4.32$

$$u_3 = \frac{u(c_t)}{c_t} = \frac{[2 \times 0.0245 (74 - 23)]}{1493.3} \times 1.73 = 0.29\%$$

C.4 标准不确定度的合成：

毫瓦级超声功率检定的不确定度来源汇总于表 C.2。

表 C.2 不确定度来源汇总表

序号	不确定度		
	来源	符号	数值
1	读数分散性	$u_1 = s_1$	0.31%
2	毫瓦级标准超声源	u_2	1.7%
3	声速变化	u_3	0.29%

表中各标准分量相互无关，故合成标准不确定度：

$$u_c^2 = u_1^2 + \sum u_i^2$$

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + \sum u_i^2} = \sqrt{(0.31\%)^2 + (1.7\%)^2 + (0.29\%)^2} = 1.8\%$$

取包含因子 $k=2$ ，其扩展不确定度 $U = ku_c = 2 \times 1.8\% = 3.6\%$

C.5 标准装置扩展不确定度报告：

$$U = 3.6\% \quad k = 2$$