



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 448—2005

瓦级超声功率计

Ultrasonic Power Meters for watt Level

2005 - 04 - 28 发布

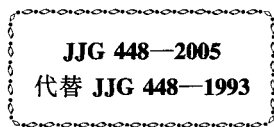
2005 - 10 - 28 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

瓦级超声功率计检定规程

Verification Regulation of

Ultrasonic Power Meters for Watt Level



本规程经国家质量监督检验检疫总局 2005 年 4 月 28 日批准，并自 2005 年 10 月 28 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

北京市计量检测科学研究院

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）

何 伟 （北京市计量检测科学研究院）

李敏毅 （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 瓦级超声功率计检定证书内页格式	(5)
附录 B 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)

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 $(0.5 \sim 20)$ W范围内的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—1987 《 $(0.5 \sim 10)$ MHz 频率范围内超声功率的测量》

GB/T 14368—1993 《标准超声功率源》

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

瓦级超声功率计是一种便携式的测量超声输出功率的计量器具，通常采用辐射力原理，主要由测力传感器和反射靶、消声水槽等构成的测量系统，测量超声场中的辐射力，按力声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： $(0.5 \sim 20)$ W。

4.2 频率范围

频率范围： $(0.5 \sim 10)$ MHz。

4.3 最大允许误差

最大允许误差： $\pm 10\%$ 。

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 开关调节按钮（或螺丝）应齐全，操作有效。

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 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、名称和出厂编号。

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，以免影响瓦级超声功率计的准确度。

5.2.3 每台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 瓦级标准超声源标准装置由瓦级标准超声换能器、超声信号发生器、功率放大器、阻抗匹配器、高频数字电压表等组成。

超声频率：(0.5 ~ 10) MHz；

超声输出功率：(0.5 ~ 20) W，连续可调；

输出超声功率的不确定度：优于 5% ($k=2$)。

a) 瓦级标准超声换能器

工作频率范围：(0.5 ~ 10) MHz；

辐射电导的测量不确定度：2% ($k=2$)。

注：辐射电导 G ：为被测标准超声换能器发射的时间平均超声功率与加在其两端的输出电压比。

瓦级标准超声换能器通常为圆形平面活塞型，其换能元件选用稳定性好的石英或铌酸锂等压电材料，直径为 (1 ~ 5) cm，在常温下应具有水密性，两极间的绝缘电阻应大于 10M Ω 。

b) 超声信号发生器和功率放大器

频率范围：(0.5 ~ 10) MHz；

频率示值误差： $\pm 5 \times 10^{-5}$ ；

频率稳定度： $\pm 5 \times 10^{-6}$ /年；

幅频特性： ± 1 dB；

正弦连续波信号的总谐波失真：优于 2%。

c) 阻抗匹配器

输入阻抗应与功率放大器的输出阻抗相匹配，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，用以指示输出声功率值。

d) 高频数字电压表

频率范围：(0.5 ~ 10) MHz；

示值误差：优于 $\pm 1\%$ ；

输入阻抗：不小于 1M Ω 。

6.1.1.2 温度计：最大允许误差 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。

6.1.1.3 湿度计：最大允许误差 $\pm 4\%$ 。

6.1.1.4 气压计：最大允许误差 ± 1 kPa。

6.1.2 环境条件

温度：(23 $\pm$ 3) $^\circ\text{C}$ ；

相对湿度： $\leq 80\%$ ；

气压：(86~106) kPa。

6.2 检定项目

瓦级超声功率计的首次检定、后续检定和使用中的检验的项目见表1。

表1 检定项目一览表

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	使用说明书	+	-	-
3	超声功率示值	+	+	+
				(只检1W、10W、20W三个功率点)

注：“+”表示需检的项目，“-”表示不需检的项目。

6.3 检定方法

6.3.1 外观检查

瓦级超声功率计在检定之前应进行外观检查，被检仪器应具有清晰的铭牌、标志，包括仪器名称、型号、出厂编号、制造商等，仪器各部件完好无损，反射靶不应有机械变形且能正常工作，消声水槽应无渗漏现象，配件应完好齐全。仪器自校时，示值应稳定、准确。

6.3.2 使用说明书

在对瓦级超声功率计作首次检定时，需全面检查和校核其使用说明书，使用说明书中给出的相关技术指标应符合对瓦级超声功率计的技术要求。

6.3.3 瓦级超声功率示值

6.3.3.1 将瓦级超声功率计放在无振动的水平工作台上，通过仪器底座的平衡调节钮对仪器进行平衡调节，且保证周围无振动和气流。

6.3.3.2 将符合 GB/T 7966—1987 中 2.5.1 条要求的除气蒸馏水沿水槽内壁缓缓注入被检超声功率计的消声水槽中，除气蒸馏水注入后，安装超声功率计自带的反射靶，并打开反射靶锁紧装置，此时水槽内壁、吸声材料和反射靶等表面不应附有气泡。按仪器说明书要求对仪器进行预热。

注：检测时液体应使用除气的蒸馏水是将蒸馏水置于低于 4kPa (30mmHg) 的降压条件下除气处理 3 h，并继续在低压状态下封存 3 h 后再使用。或者在大气压下把蒸馏水煮沸 15 min 进行除气。在检测过程中，尽量避免空气再次溶于水，并最少应在 12 h 内进行一次除气，除非采用了特殊的储存方法。

6.3.3.3 按瓦级超声功率计检定方框图所示连接并安装。在安装标准超声换能器时，使其对准反射靶的中心位置，垂直向下浸入水中，应保证标准超声换能器表面不存有气泡。浸入水中之前不得有任何的信号电压加到标准超声换能器上，以免损坏标准超声换能器。

6.3.3.4 超声功率示值的检定

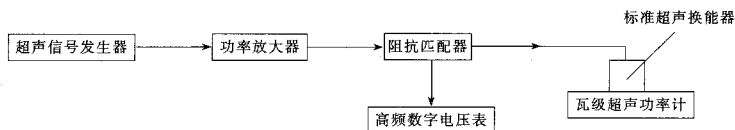


图1 瓦级超声功率计检定方框图

将被检超声功率计调零稳定后，根据标准超声换能器的辐射电导，由标准超声源发射一连续正弦波信号，调节其信号电压的大小使高频数字电压的示值为 U_1 ，此时标准超声换能器的输出声功率为 0.5W，读取被检超声功率计显示器上的示值 P_1 ，再将标准超声源信号电压分别增大到 $U_2, U_3, \dots, U_{10}$ ，标准超声换能器相应的输出声功率为 1W, 3W, 5W, 7W, 10W, 12W, 15W, 18W, 20W，分别读取瓦级超声功率计的显示器上的示值 $P_2, P_3, \dots, P_{10}$ ，关闭标准超声源的信号电压输出，被检瓦级超声功率计自动回零，完成一次测量。

重复以上步骤，使每个声功率点应重复测量 n 次 ($n \geq 3$)。

注：1) 标准超声源信号电压值可由检定证书或校准证书中得到。

2) 为避免被检超声功率计零点漂移带来的误差，当发射强度小于 0.5W 时，可采用逐点回零测量。

3) 当发射强度大于 15W 时，为避免水的空化现象，在每点的测量时间应尽可能短，最好不超过 20s。

6.3.3.5 数据处理：

按公式 (1) 计算各点重复 n 次测量的超声功率平均值 $\bar{P}_i$ ：

$$\bar{P}_i = (P_{i1} + P_{i2} + P_{ij} + \dots + P_{in}) / n \quad (1)$$

式中： P_{ij} —— i 点上第 j 次测量的超声功率值，W。

按公式 (2) 计算被检瓦级超声功率计各点平均值的相对误差 ΔP_i ：

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

式中： $\bar{P}_i$ —— i 点的超声功率平均值，W；

P ——该点超声功率标准值，W。

其计算结果应符合本规程中第 4.3 条的规定。

6.4 检定结果的处理

经检定符合本规程要求的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

瓦级超声功率计的检定周期一般不超过两年。

附录 A

瓦级超声功率计检定证书内页格式

检 定 结 果

一、外观：

二、超声功率示值：

标准值 P/W	测量值 P_i/W	示值相对误差/%
0.5		
1		
3		
5		
7		
10		
12		
15		
18		
20		

检定环境条件：

温 度：_____℃

相对湿度：_____%

气 压：_____kPa

检定依据：JJG 448—2005 瓦级超声功率计检定规程

使用的标准装置名称：_____

标准装置的扩展不确定度：_____

说明：

附录 B

瓦级超声功率计检定结果通知书内页格式

检 定 结 果

一、外观：

二、超声功率示值：

标准值 P/W	测量值 P_i/W	示值相对误差/%
0.5		
1		
3		
5		
7		
10		
12		
15		
18		
20		

检定环境条件：

温 度：_____℃

相对湿度：_____%

气 压：_____kPa

检定依据：JJG 448—2005 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：_____

说明：

应标明检定不合格的项目，并对不能继续进行检定的项目加以说明。

附录 C

不确定度的评定实例

超声功率计功率示值误差检测的标准不确定度主要由瓦级标准超声源、读数分散性、声速变化等几部分组成。

C.1 数学模型:

$$\Delta P_i = P_i - P$$

式中: ΔP_i ——被检超声功率计功率值的误差;

P_i ——被检超声功率计的功率值。

P ——标准超声源输出的功率值。

C.2 方差及灵敏度系数

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

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

式中灵敏度系数为:

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

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时由读数分散性引入的标准不确定度 (u_1), 以 10W 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 C1 测量数据及计算

独立测量序号 (j)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
声功率 P_{ij}/W	10.0	9.9	10.0	9.9	10.0	9.9	9.9	9.9	10.0	10.0
平均值 $\bar{P}_i/W$	9.95									

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

由于每个声功率点至少应重复测量 3 次以上, 按 3 次计算:

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

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 由瓦级标准超声源引入的标准不确定度 u_2

由于瓦级标准超声源的扩展不确定度是 5% ($k=2$)。所以瓦级标准超声源引入的标准不确定度 $u_2 = 2.5\%$ 。

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

瓦级超声功率检定的不确定度来源汇总于表 C2:

表 C2 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	标准超声源	u_2	2.5%
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:

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

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + \sum u_i^2} = \sqrt{(0.31\%)^2 + (2.5\%)^2 + (0.29\%)^2} = 2.54\%$$

取包含因子 $k=2$, 其扩展不确定度 $U = ku_c = 2 \times 2.54\% = 5.1\%$

C.5 结论

扩展不确定度 $U = 5.1\%$ ($k=2$)。

满足规程中瓦级超声功率计最大允许误差 10% 的要求。