



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 893—2007

超声多普勒胎心仪超声源

Ultrasonic Source of Ultrasonic Doppler Foetal Meters

2007-02-28 发布

2007-08-28 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

**超声多普勒胎心仪
超声源检定规程**

**Verification Regulation for Ultrasonic Source
of Ultrasonic Doppler Foetal Meters**

**JJG 893—2007
代替 JJG 893—1995**

本规程经国家质量监督检验检疫总局 2007 年 2 月 28 日批准，并自 2007 年 8 月 28 日起实施。

归 口 单 位：全国声学计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

参加起草单位：湖北省计量测试技术研究院

本规程委托全国声学计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

边文萍（中国计量科学研究院）

朱 岩（中国计量科学研究院）

参加起草人：

姚秋平（湖北省计量测试技术研究院）

全国计量技术委员会：边文萍

中国计量科学研究院：朱岩

湖北省计量测试技术研究院：姚秋平

本规程归口单位：全国计量技术委员会

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语和计量单位	(1)
3.1 声耦合媒质	(1)
3.2 声工作频率	(1)
3.3 峰值负声压	(1)
3.4 多普勒频率	(1)
3.5 输出功率	(1)
3.6 综合灵敏度	(2)
4 概述	(2)
5 计量性能要求	(2)
5.1 输出波束声强	(2)
5.2 峰值负声压	(2)
5.3 空间峰值时间平均声强	(2)
5.4 患者漏电流	(2)
5.5 超声工作频率偏差	(2)
5.6 最大综合灵敏度	(2)
6 通用技术要求	(3)
6.1 外观	(3)
6.2 材料和结构	(3)
6.3 铭牌、标志和使用说明书	(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	(9)
7.5 检定周期	(9)
附录 A 最大综合灵敏度测量装置	(10)
附录 B 检定证书和检定结果通知书的内页格式	(12)
附录 C 检定不确定度评定实例	(14)

超声多普勒胎心仪超声源检定规程

1 范围

本规程适用于超声多普勒胎心仪超声源（即超声多普勒胎儿心率仪，以下简称仪器）的首次检定、后续检定和使用中检验。

2 引用文献

- GB/T 3102.7—1993 声学的量和单位
GB 7966—1987 声学 0.5~10 MHz 频率范围内超声功率的测量
GB/T 16540—1996 声学 在 0.5~15 MHz 频率范围内的超声场特性及其测量水听器法
GB 16846—1997 医用超声诊断设备声输出公布要求
JJF 1034—2005 声学计量名词术语及定义
JJF 1059—1999 测量不确定度评定与表示
JJF 1001—1998 通用计量术语及定义
YY0448—2003 超声多普勒胎儿心率仪
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—1993 中规定的声学的量和单位、JJF 1059—1999 给出的测量不确定度评定方法、以及 JJF 1001—1998、JJF 1034—2005 和 YY 0448—2003 中规定的有关术语和定义。根据本规程需要，给出以下术语和定义。

3.1 声耦合媒质 acoustic coupling medium

为了保证声的传播而置于探头和身体表面之间的材料。

3.2 声工作频率 acoustic working frequency

由置于声场中的水听器测得的声信号频率。

3.3 峰值负声压 peak negative acoustic pressure

在声波重复周期内，声场中或特定平面处负值瞬时声压的最大值，峰值负声压用一正数表示。

3.4 多普勒频率 Doppler frequency

由于散射体或反射体与探头之间相对运动引起的超声回波频率的变化，即发射波和接收波频率的差值，也称频移。

3.5 输出功率 output power

在近似自由场的规定条件下，由超声换能器向特定媒质（通常为水）中所辐射的超声功率。

3.6 综合灵敏度 overall sensitivity

在噪声电平之上,仪器检出由已知平面波反射损失的模拟点状靶产生的多普勒信号能力的量度。该靶与探头处于规定的距离,并在规定的速度下运动。综合灵敏度由公式

$$S = A(d) + B + C$$

确定。

式中: S ——综合灵敏度, dB;

$A(d)$ ——在距探头距离 d 处靶的平面波反射损失, dB;

B ——在声学路径上,包括声衰减片、声窗及水的双程衰减量, dB;

C ——仪器的信噪比, dB;

4 概述

该仪器广泛用于妊娠期胎心的监测。其超声源的工作频率通常为 $(2 \sim 3)$ MHz。如图 1 所示,它由与孕妇母体腹部声耦合的发射、接收为一体的超声换能器及电路部分组成。超声换能器产生的超声束直接对准胎心,入射声束的一部分从胎心运动表面反射,由于多普勒效应,超声波频率发生频移,由接收换能器检测,经信号处理可将与胎心有关的低频信号从高频信号中分离出来,加以放大,用于胎心监测。

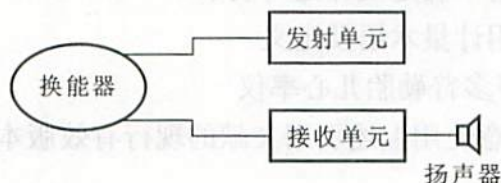


图 1 超声多普勒胎心仪方框图

5 计量性能要求

5.1 输出波束声强

超声源的输出波束声强 I_{ob} 应不大于 20 mW/cm^2 , 对超出 20 mW/cm^2 的仪器应公布其输出波束声强。

5.2 峰值负声压

超声源的峰值负声压 p_- 应不大于 1 MPa , 对超出 1 MPa 的仪器应公布其峰值负声压值。

5.3 空间峰值时间平均声强

超声源的空间峰值时间平均声强 I_{spta} 应不大于 100 mW/cm^2 , 对超出 100 mW/cm^2 的仪器应公布其空间峰值时间平均声强值。

5.4 患者漏电流

患者漏电流应不大于 $100 \mu\text{A}$ 。

5.5 超声工作频率偏差

超声工作频率与标称频率的偏差应不超过 $\pm 10\%$ 。

5.6 最大综合灵敏度

在距探头表面 200mm 处的最大综合灵敏度应不小于 90 dB。

6 通用技术要求

6.1 外观

6.1.1 机壳表面应平整光洁、不应有影响仪器准确度的外观损伤。

6.1.2 开关调节旋钮（或螺丝）应齐全，使用方便、可靠、准确。

6.1.3 外接导线及插头、插座应安全牢固、连接可靠、无松动现象。

6.2 材料和结构

仪器的材料和结构应保证具有长期的使用稳定性。

6.3 铭牌、标志和使用说明书

6.3.1 仪器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、序列号和 MC 标志；
- 3) 采用国际标准或国家标准的标准编号；
- 4) 对超出 5.1、5.2、5.3 性能技术要求的仪器，应具有其数值的标志。

6.3.2 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，以免影响仪器的准确度。

6.3.3 每台仪器应附有使用说明书，包括所有附件的资料。

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

超声功率计：分辨力优于 2mW，最大允许误差 $\pm 10\%$ ；

7.1.2 主要配套设备

1) 漏电流测量仪：准确度优于 $\pm 10\%$ ；

2) 最大综合灵敏度测量装置（参见附录 A 中所示的装置）：

最大综合灵敏度测量范围（70~120）dB，准确度优于 ± 6 dB；

超声频率测量范围（1.5~7）MHz，准确度优于 $\pm 1\%$ ；

3) 声衰减片：声特性阻抗在 $(1.5\sim 1.7) \times 10^{-6} \text{ Pa}\cdot\text{s/m}$ ，最低使用频率下的衰减系数不低于 12 dB/cm，其余技术信息详见附录 A。组合厚度不超过 20 mm。

4) 高频水听器：灵敏度不低于 -265 dB（基准值 1 V/ μPa ）不确定度优于 2 dB；频率范围：500 kHz~15 MHz；

5) 宽带前置放大器：频率范围（1~15）MHz；电压增益 30 dB；

6) 频率计：频率范围 100 kHz~20 MHz；准确度优于 $\pm 1\%$ ；

7) 数字示波器：频率范围：不小于 DC~30 MHz；

幅值灵敏度：小于 5 mV/div，准确度：优于 $\pm 5\%$ 。

8) 定位系统：

该定位系统应有六个自由度，且所有的平移、旋转系统均应提供位置指示器，其平移分辨力为 ± 0.01 mm，绕 x ， y ， z 轴旋转的角度分辨力为 $\pm 0.2^\circ$ 。

9) 水槽（测声场用）：在超声可能辐射到的水槽壁上应铺设吸声材料，使其满足近似自由声场条件。水槽尺寸应足够大，使超声换能器和水听器能彼此相对运动，水听器可位于要求测量的超声场中的任一点上。

7.1.3 环境条件

室内温度：15℃～35℃（声场检测时：20℃～26℃）；相对湿度：30%～90%。

7.2 检定项目

仪器的首次检定、后续检定和使用中检验项目见表 1。

表 1 仪器的首次检定、后续检定和使用中检验项目一览表

序 号	检 定 项 目	首 次 检 定	后 续 检 定	使用 中 检 验
1	外观检查	+	+	+
2	输出波束声强	+	+	+
3	峰值负声压	+	—	—
4	空间峰值时间平均声强	+	—	—
5	患者漏电流	+	+	—
6	超声工作频率偏差	+	—	—
7	最大综合灵敏度	+	—	—

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

- 1) 仪器应具有清晰的标志，包括名称、型号、序列号、MC 标志、执行标准的编号、准确度等级和制造商的名称或商标等。
- 2) 外观不应有机械损伤等现象。
- 3) 电池电压应在规定的工作范围内。

7.3.2 输出波束声强

7.3.2.1 超声功率的检测装置方框图见图 2。

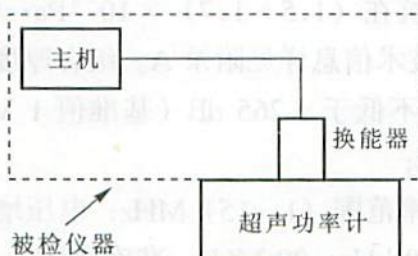


图 2 超声功率检测装置方框图

7.3.2.2 按下列步骤检测超声功率:

- 1) 将超声功率计置于稳固的工作台上, 调节底座, 使仪器处于水平状态。
- 2) 按不同类型超声功率计的使用说明, 将除气蒸馏水缓慢注入消声水槽。
- 3) 对超声换能器进行清洁处理, 并按不同类型超声功率计的使用说明, 使超声换能器处于良好的耦合状态, 并确保超声束的垂直发射, 耦合过程中应注意去除超声换能器表面的气泡。
- 4) 按不同类型的超声功率计的使用说明, 接通电源预热 10 min, 并使其处于正常的工作状态。
- 5) 按不同类型的超声功率计使用说明, 对超声功率计进行零位调节。
- 6) 打开被检仪器开关, 使其处于最大声功率输出状态, 按所使用超声功率计的测量方法, 读取被检仪器的输出声功率值。
- 7) 按上述步骤对被检仪器做 n ($n \geq 3$) 次输出声功率的测量, 取 n 次测量的算术平均值为被检仪器的输出声功率的测量值。

7.3.2.3 按公式 (1) 计算输出波束声强:

$$I_{ob} = \frac{P}{S_T} \quad (1)$$

式中: I_{ob} ——仪器的输出波束声强, mW/cm^2 ;

P ——仪器的输出声功率, mW ;

S_T ——超声换能器敏感元件的有效面积, cm^2 (采用生产厂提供的数据)。

7.3.3 峰值负声压

7.3.3.1 峰值负声压的检测装置方框图如图 3 所示。

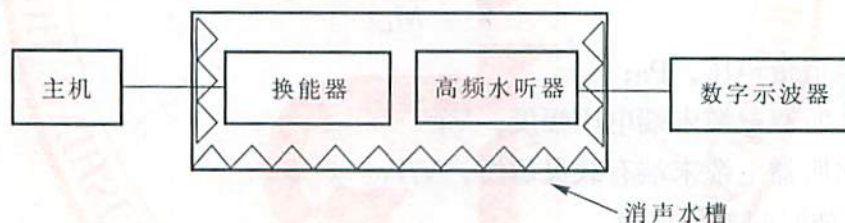


图 3 峰值负声压检测装置方框图

7.3.3.2 准备工作如下:

- 1) 将 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的除气蒸馏水注入水槽中, 并使其有足够的深度。
- 2) 检查超声换能器的密闭性, 防止水的侵入, 尤其要注意电缆入口, 应参照制造厂的建议。
- 3) 检查超声换能器、水听器表面的洁净情况, 保证其表面的清洁; 若需清洁, 应根据制造厂家的说明书进行。为了水听器和换能器能可靠地使用, 应遵循生产厂规定和用户认为任何必要的注意事项。
- 4) 排除所有附着在超声换能器表面和水听器表面的气泡, 并同时保证在检测过程中也不产生气泡。

7.3.3.3 按下列步骤确定峰值负声压:

- 1) 将超声换能器、水听器分别安装在水槽的定位系统上;
- 2) 利用其定位系统对超声换能器、水听器进行调节,使其处于水平居中状态;
- 3) 接通仪器、示波器电源;
- 4) 使示波器工作在所选择的通道,使其处于触发工作模式,并适当调整示波器的触发电平;

5) 依据 $N = \frac{D^2 f}{4c}$ 公式估算被检仪器换能器自然焦点的大致位置。

式中: N ——超声换能器近场长度, mm;

D ——对连续波超声多普勒仪器为换能器晶片半径,对脉冲波超声多普勒仪器为换能器晶片直径, mm;

f ——仪器工作频率, MHz;

c ——媒质(水)中声速, m/s。

6) 分别在 x 轴、 y 轴、 z 轴方向平移、转动水听器,以获取被检仪器的自然焦点的确切位置,即可获得最大负声压波形图;

7) 冻结所获得的波形;

8) 按示波器的工作要求,进入所在通道的测量菜单,进行电压的测量,即可读取该脉冲波形的最大负脉冲处的电压值;

9) 重复 6)~8) 步骤对被检仪器做 n ($n \geq 3$) 次测量,取 n 次测量的算术平均值为被检仪器的最大负脉冲处的电压值的结果;

10) 按公式 (2) 计算峰值负声压:

$$p_{-} = \frac{V}{M_L} \quad (2)$$

式中: p_{-} ——峰值负声压, Pa;

V ——水听器电缆末端电压幅度, V;

M_L ——水听器电缆末端有载灵敏度, V/Pa。

7.3.4 空间峰值时间平均声强

7.3.4.1 解冻上述已得到的脉冲波形,按 7.3.3.3 6) 的方法,确定脉冲波形电压信号的最大峰-峰值,冻结该波形,利用示波器的计算功能对其进行电压平方积分,并读取空间峰值脉冲电压平方的时间积分值 E_{sp} 。

7.3.4.2 解冻 7.3.4.1 所获得的电压信号的最大峰-峰值脉冲波形,将其压缩,直至示波器屏幕显示其若干脉冲波形,冻结该波形,用示波器测量功能测量该脉冲波形的脉冲重复速率 p_{rr} 。

7.3.4.3 按 7.3.4.1 及 7.3.4.2 步骤对被检仪器做 n ($n \geq 3$) 次测量,取 n 次测量的算术平均值为被检仪器的空间峰值脉冲电压平方的时间积分、脉冲重复速率的检测结果。

7.3.4.4 按公式 (3) 计算空间峰值时间平均声强。

$$I_{spta} = I_{sppa} \times t_d \times p_{rr} \quad (3)$$

其中:

$$I_{\text{sppa}} = \frac{E_{\text{sp}}}{K_f^2 \times t_d} \quad (4)$$

式中: I_{spta} ——空间峰值时间平均声强, W/cm^2 ;

I_{sppa} ——空间峰值脉冲平均声强, W/cm^2 ;

t_d ——脉冲持续时间, s ;

p_{rr} ——脉冲重复速率, Hz ;

E_{sp} ——空间峰值脉冲电压平方的时间积分值, V^2s ;

K_f^2 ——水听器声强响应系数, $\text{V}^2\text{cm}^2/\text{W}$ 。

7.3.5 患者漏电流

7.3.5.1 患者漏电流检测方法如图4所示:

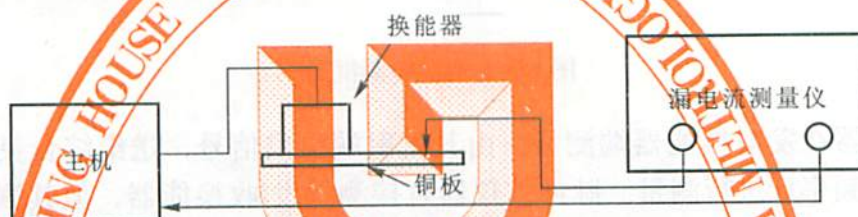


图4 患者漏电流检测框图

7.3.5.2 将漏电流测量仪的一只表笔接于被检仪器的外壳, 另一只表笔接于铜板上。

7.3.5.3 使被检仪器的换能器的辐射面耦合于铜板涂有有导电膏的部位。

7.3.5.4 接通被检仪器电源, 读取漏电流测量仪的示值, 改变电源极性, 重新读取漏电流测量仪的示值, 两次示值的大者为被检仪器的患者漏电流。

7.3.6 超声工作频率偏差

可分别采用水听器法、电测法进行。

7.3.6.1 水听器法如图5所示:



图5 水听器法检测框图

1) 如图固定水听器, 应使其敏感元件定位在试验容器的正中, 并使其与底部、侧壁的距离大于5cm;

2) 接通被检仪器、频率计电源;

3) 调节被检仪器的换能器的位置和角度以使水听器位于其声轴上, 并获得最大的

输出信号；

4) 从频率计上读取显示的频率数；

5) 按上述步骤对被检仪器做 n ($n \geq 3$) 次超声工作频率的测量，取 n 次测量的算术平均值为被测仪器的声工作频率的测量值。

7.3.6.2 电测法如图 6 所示。

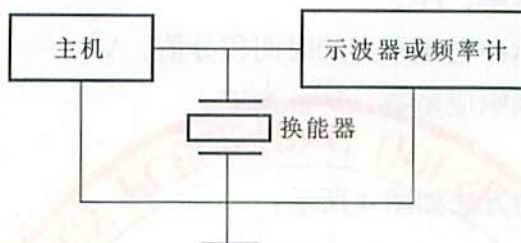


图 6 电测法检测框图

连续波仪器在发射换能器端测量，由其发射端引出信号，送给综合灵敏度测量装置、示波器或频率计进行测量。脉冲波仪器直接测量发/收换能器，但其测量频率是指脉冲载波频率。

7.3.7 最大综合灵敏度

7.3.7.1 最大综合灵敏度检测方法如图 7 所示：

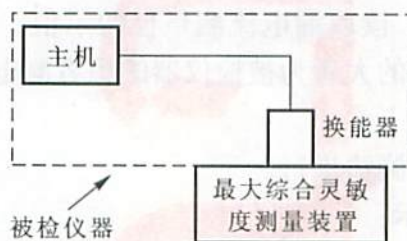


图 7 最大综合灵敏度检测框图

7.3.7.2 将 $(15 \sim 35)^\circ\text{C}$ 的除气蒸馏水注入水槽中，其水深应超过 200 mm。

7.3.7.3 将水槽固定在支架上，并使其上方用于调整球靶用的四条刻线正好处于前、后、左、右的位置。

7.3.7.4 在水槽的水表面放一中心带有小孔的吸声材料。

7.3.7.5 将不锈钢球靶的臂固定于驱动装置上并使不锈钢球靶通过吸声材料的中心小孔放入水槽内。

注意：在放入球靶时，应反复调节球靶的位置，使其位置正好与水槽壁上前、后、左、右的四条刻线重合。即保证球靶的位置正处于水槽的中心位置上。并将球靶和换能器之间的距离设定为 200 mm。

7.3.7.6 根据被检仪器最大综合灵敏度的大小试选所需衰减片。

7.3.7.7 将超声耦合剂均匀地涂覆在所选用的衰减片的表面。

7.3.7.8 将涂覆有超声耦合剂衰减片放入声衰减片托内，并固定到水槽的下方。

7.3.7.9 将超声耦合剂均匀地涂覆在被检仪器的超声换能器表面；并使其表面与装有衰减片的试验水槽的底部耦合，注意应使其尽量位于水槽中心。

7.3.7.10 调整被检仪器的超声换能器使其超声波束对准球靶。

7.3.7.11 调节函数发生器的三角波，经电机驱动装置使钢球在除气水中上下运动。

7.3.7.12 调节三角波的频率和幅值，由此改变钢球的振速和振幅，使观察到的多普勒信号频率为 (300 ± 50) Hz。

7.3.7.13 在电机驱动装置未工作时，调节被检仪器测试输出端（耳机输送端）的控制旋钮至适当位置，得到电压 U_m （仪器的电噪声输出），启动电机驱动装置，调节换能器的位置和角度，得到幅值最大的电压 U_s （仪器的输出信号和噪声）。若此时被检仪器的接收信号过大，致使系统饱和，应增加换能器与耦合窗之间的衰减片，并进行重新测量，使被检仪器的信噪比 C 值大于 6 dB。

被检仪器的信噪比 C 值按公式（5）计算，以 dB 形式给出：

$$C = 20 \lg \frac{U_s}{U_m} \quad (5)$$

7.3.7.14 最大综合灵敏度 S_m 按公式（6）计算：

$$S_m = A + B + C \quad (6)$$

式中： S_m ——被检仪器的最大综合灵敏度，dB；

A ——钢球的反射损失，dB；当钢球直径为 2.38 mm 时为 44.5 dB，当钢球直径为 1.85 mm 时为 48.0 dB；

B ——声传播路径上声衰减器和耦合窗薄膜双程衰减量，dB；

C ——被检仪器的信噪比，dB。

7.4 检定结果的处理

经检定符合本规程要求的仪器发给检定证书，检定不合格的仪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内页格式见附录 B。

7.5 检定周期

仪器的检定周期为 1 年。

附录 A

最大综合灵敏度测量装置

A.1 最大综合灵敏度测量装置

该装置由微处理器、模拟电路、函数发生器、驱动电机、键盘和显示器等组成,见图 A1。仪器的音频信号输出和超声信号输出以及函数发生器提供的三角波经模拟电路或经 A/D 转换后给微处理器,由键盘输入的指令或数据也给微处理器,经微处理器后送显示器显示,显示有关操作指示、信息和测量结果。

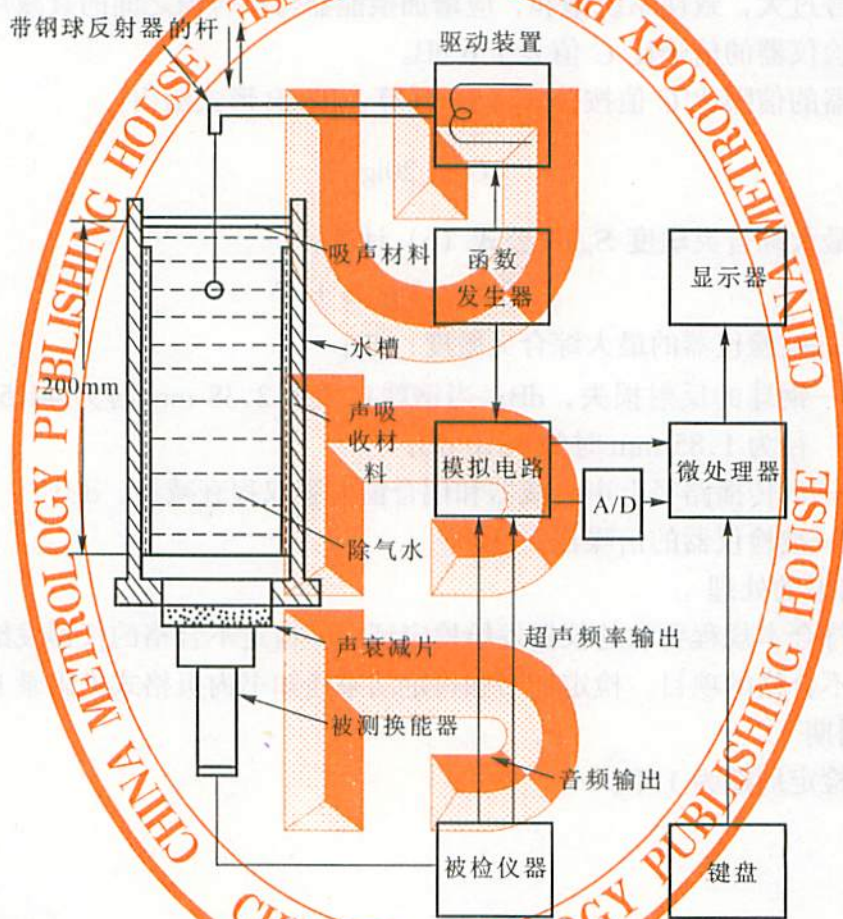


图 A1 最大综合灵敏度测量装置示意图

A.2 声衰减片

声衰减片通常由橡胶材料制成,其声特性阻抗应在 $(1.5 \sim 1.7) \times 10^6 \text{ Pa} \cdot \text{s/m}$ 范围内,最低使用频率下的声衰减系数应不低于 12 dB。每台检测装置应配有 (1~20) mm 厚度不等的衰减片若干个,其中衰减量最小值应不大于 2 dB。每个衰减片的声衰减量由测量所在频率和温度下的声衰减系数乘以厚度求得。

A.3 声窗

声窗通常用聚酯薄膜制成,综合灵敏度计算中包含了其插入损失的贡献,具体数值应通过测量求得,当双程值低于 1 dB 时可予忽略。

A.4 球靶的三角激励波测量信号取样点见图 A2。

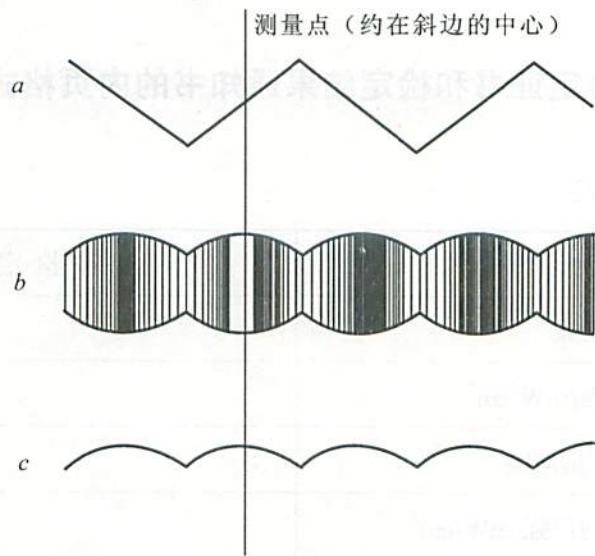


图 A2 多普勒信号电压波形取样点

A.5 测试水槽见图 A3。

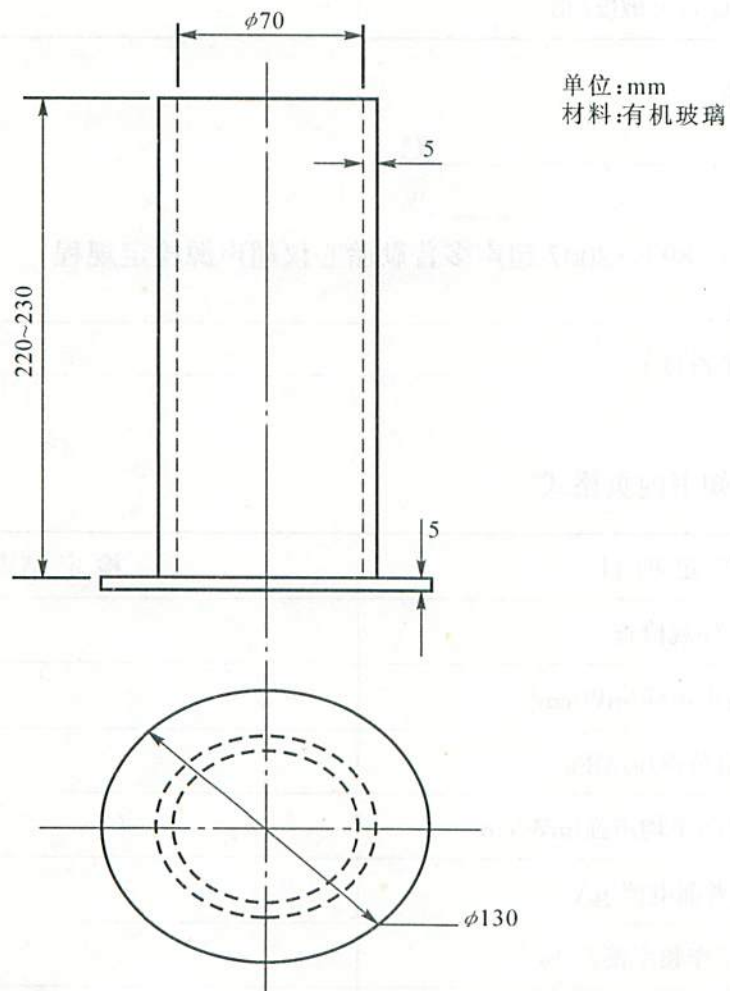


图 A3 测试水槽

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 项 目	检 定 结 果
外观检查	
输出波束声强/ mW/cm^2	
峰值负声压/ MPa	
空间峰值时间平均声强/ mW/cm^2	
患者漏电流/ μA	
超声工作频率偏差/%	
最大综合灵敏度/ dB	

检定环境条件:

温 度: _____ $^{\circ}\text{C}$

相对湿度: _____ %

检定依据: JJG 893—2007 超声多普勒胎心仪超声源检定规程

测量不确定度: _____

使用标准装置名称: _____

说明:

B.2 检定结果通知书内页格式

检 定 项 目	检 定 结 果
外观检查	
输出波束声强/ mW/cm^2	
峰值负声压/ MPa	
空间峰值时间平均声强/ mW/cm^2	
患者漏电流/ μA	
超声工作频率偏差/%	
最大综合灵敏度/ dB	

检定环境条件:

温 度: _____ °C

相对湿度: _____ %

检定依据: JJG 893—2007 超声多普勒胎心仪超声源检定规程

测量不确定度: _____

使用标准装置名称: _____

检定结果通知书中应标明检定不合格的项目, 对不能继续进行检定的项目加以说明。

附录 C

检定不确定度评定实例

超声多普勒胎心仪超声源输出波束声强测量结果的标准不确定度主要由超声功率计、读数分散性、温度、超声换能器有效面积等几部分组成。

C.1 数学模型

$$I = \frac{P}{S} \quad (\text{C.1})$$

式中：P——仪器的输出声功率；

S——超声换能器的有效面积。

C.2 合成方差

由 (C.1) 式可知，P，S 互不相关，故其合成方差为：

$$\frac{u(I)}{I} = \sqrt{\left\{ \frac{u(P)}{P} \right\}^2 + \left\{ \frac{u(S)}{S} \right\}^2}$$

C.3 超声功率 P 测量的标准不确定度

C.3.1 A 类标准不确定度的评定：

由超声功率计读数分散性引入的标准不确定度 u_1

使用标准器：毫瓦级超声功率计；规格型号：BCZ100-1；出厂编号：331；

被检仪器：超声多普勒胎心仪；TX100 -1；换能器直径 20 mm。

每次独立、重复测量 10 次，结果如下：(mW)

4.8；4.8；4.9；4.9；4.8；5.0；4.8；4.9；4.8；4.9。

单次测量实验标准差： $s = \sqrt{\frac{\sum (P_i - \bar{P})^2}{(n-1)}} = 0.07 \text{ mW}$

则单次测量的标准不确定度： $u_1 = s = 0.07 \text{ mW}$

平均值的标准不确定度： $u'_1 = \frac{u_1}{\sqrt{3}} = \frac{0.07}{\sqrt{3}} = 0.04 \text{ mW}$

C.3.2 B 类标准不确定度的评定：

1) 超声功率计引入的标准不确定度 u_2

依检定证书在 5 mW 点处示值误差为 2%，修正值的扩展不确定度为 5% ($k=2$)。

则 $u_2 = 5 \times \frac{5\%}{2} = 0.13 \text{ (mW)}$

2) 声速引入的标准不确定度 u_3

由于测量环境温度变化很小，故声速对测量结果的影响可忽略。即声速引入的标准不确定度 u_3 可忽略。

C.3.3 超声功率 P 测量的标准不确定度的合成

$$u_P = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = \sqrt{(0.04)^2 + (0.13)^2} = 0.14 \text{ mW}$$

C.3.4 超声功率测量的相对标准不确定度

$$\frac{u(P)}{P} = \frac{0.14}{4.86} = 2.9\%$$

C.4 换能器有效面积计算引入的相对标准不确定度

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \quad \text{则} \quad \frac{u(S)}{S} = \frac{2u(d)}{d}$$

依据卡尺测量的示值误差 $\pm 0.02 \text{ mm}$

$$\text{则 } u(d) = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 0.012 \text{ mm}$$

$$\frac{u(S)}{S} = \frac{2u(d)}{d} = \frac{0.024}{20} = 0.12\%$$

C.5 相对标准不确定的合成:

$$\frac{u(I)}{I} = \sqrt{\left(\frac{u(P)}{P}\right)^2 + \left(\frac{u(S)}{S}\right)^2} = \sqrt{(2.9\%)^2 + (0.12\%)^2} = 2.9\%$$

C.6 扩展不确定度的评定: 取包含因子 $k=2$

$$U = ku_c = 2 \times 2.9\% = 5.8\%$$

C.7 结论:

$$\frac{5.8\%}{20\%} = \frac{1}{3.44} < \frac{1}{3}$$

故检定可行。

中华人民共和国
国家计量检定规程
超声多普勒胎心仪超声源
JJG 893—2007
国家质量监督检验检疫总局发布

*

中国计量出版社出版
北京和平里西街甲2号
邮政编码 100013
电话 (010)64275360
<http://www.zgjl.com.cn>
北京市迪鑫印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
版权所有 不得翻印

*

880 mm×1230 mm 16开本 印张1.25 字数22千字
2007年4月第1版 2007年4月第1次印刷
印数1—2 000
统一书号 155026—2237 定价：20.00元