



中华人民共和国医药行业标准

YY/T 0865.3—2013/IEC 62127-3:2007

超声 水听器 第3部分： 40 MHz 以下超声场用水听器的特性

Ultrasonics—Hydrophones—
Part3: Properties of hydrophones for ultrasonic fields up to 40 MHz

(IEC 62127-3:2007, IDT)

2013-10-21 发布

2014-10-01 实施

国家食品药品监督管理总局 发布



前 言

YY/T 0865《超声 水听器》分为三个部分：

- 第1部分：40 MHz 以下医用超声场的测量和特征描绘；
- 第2部分：40 MHz 以下超声场用水听器的校准；
- 第3部分：40 MHz 以下超声场用水听器的特性。

本部分为 YY/T 0865 的第3部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分等同采用国际电工委员会标准 IEC 62127-3:2007《超声 水听器 第3部分：40 MHz 以下超声场用水听器的特性》。

与本标准中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

YY/T 0865.1—2011 超声 水听器 第1部分：40 MHz 以下医用超声场的测量和特性描绘 (IEC 62127-1:2007, IDT)

本部分对 IEC 62127-3:2007 仅作了极少量编辑性的修改，均不影响一致性程度。

本部分由国家食品药品监督管理总局提出。

本部分由全国医用电器标准化技术委员会医用超声设备标准化分技术委员会 (SAC/TC 10/SC 2) 归口。

本部分起草单位：国家食品药品监督管理局湖北医疗器械质量监督检验中心。

本部分主要起草人：王志俭、蒋时霖。

引言

通常采用微型超声水听器测定液体媒质中超声场声压的空间和时间分布,许多 IEC 标准涉及这些水听器特性的各个方面。YY/T 0865 本部分的目的是:汇总所有这些要求,针对水听器的特性建立一份通用标准。本部分中水听器的主要应用领域是:测量水中由医用诊断设备发射的超声场。其他的医学应用领域是:治疗设备,诸如碎石、高强度聚焦超声(HIFU)和理疗的声场测量。在非医学应用领域,水听器在产品研发和质量控制等方面也有广泛使用,包括:

- 超声清洗槽中超声声场的描绘;
- 在发射测量系统中,所用声场的特性描绘(例如,超声波分光仪、超声衰减计和速度计);
- 在反射测量系统中,所用声场的特性描绘(例如,多普勒流速计)。

同时,术语“水听器”能够更广泛地理解,在这里涉及的是微型压电水听器。目前这种仪器类型,在超声的各种领域中应用,尤其是对医用诊断设备声场结构的定量描绘。其他压力传感器类型,诸如基于光纤原理的,本部分的某些要求适用,另一些则不适用。如果将来这些其他的“水听器”类型在声场测量中占据更重要的地位,在本部分的修订版或独立的标准中会涉及到它们的特性。

由 IEC 60500 和 IEC 60565 所涵盖的水声水听器,尽管在频段范围上有重叠,但不属于本部分的范畴。水声水听器用于自然的水域,甚至海洋,这导致了不同的技术概念和要求。另外,水声应用中声学入射的主方向一般垂直于水听器声轴,而在本部分中假定,其位于水听器声轴的方向上。

过去,超声水听器几乎仅仅用作幅度传感器,目前情况有了改变,愈加重视利用其附加的相位信息,然而只有在校准期间确定了水听器的相位特性时才可能加以利用。因此在本部分中,除了规定了水听器灵敏度幅度方面的要求外,作为选项,对相位方面的要求也提出了建议。

超声 水听器 第3部分： 40 MHz 以下超声场用水听器的特性

1 范围

YY/T 0865 的本部分规定了相关的水听器特性要求。

本部分适用于：

- 采用压电敏感元件，设计用于测量超声设备产生的脉冲和连续波超声场的水听器；
- 用于在水中进行测量的水听器；
- 配接或未配接前置放大器的水听器。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

IEC 62127-1 超声 水听器 第1部分：40 MHz 以下医用超声场的测量和特性描绘(Ultrasonics—Hydrophones—Part 1; Measurement and characterization of medical ultrasonic fields up to 40 MHz)

IEC 62127-2 超声 水听器 第2部分：40 MHz 以下超声场的校准(Ultrasonics—Hydrophones—Part 2; Calibration for ultrasonic fields up to 40 MHz)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

注：IEC 62127-1 和 IEC 62127-2 中包括的相关定义适用于本部分。

3.1

指向性响应 directional response

在通过参考中心的指定平面中，在指定频率下，水听器响应与入射平面声波的传播方向之间关系的描述，通常用图形来表示。

注：见 IEC 60565:2006。

3.2

有效水听器半径 effective hydrophone radius

a_h, a_{h3}, a_{h6}

刚性元片接收水听器的半径，其预期的指向性响应函数的角宽度等于所观测到的角宽度。

单位：m，米

注1：角宽度在低于指向性响应函数峰值的某一指定数值处确定，对3 dB和6 dB的指定数值，半径分别用 a_{h3} 和 a_{h6} 表示。

注2：半径通常是频率的函数，典型的实验数据见[1]。

3.3

电负载阻抗 electric load impedance

Z_L

水听器或水听器组件输出连接或将连接的复数电输入阻抗(由实部和虚部组成)。

单位: Ω , 欧姆

3.4

电缆末端 end-of-cable

若水听器或水听器组件配备有一体化电缆,是输出电缆末端的技术规格;若水听器或水听器组件未配备一体化的输出电缆,则是固定连接到水听器或水听器组件的输出接头的技术规格,而与外接电缆无关。

3.5

电缆末端有载灵敏度 end-of-cable loaded sensitivity

水听器或水听器组件电缆末端有载灵敏度 end-of-cable loaded sensitivity of a hydrophone or hydrophone assembly

M_L

连接到指定电负载阻抗时,在水听器或水听器组件的任何一体化电缆的末端或输出接头处的瞬时电压,除以水听器移去时水听器参考中心处未受扰动的平面波自由场的瞬时声压。

单位: V/Pa, 伏/帕

3.6

电缆末端开路灵敏度 end-of-cable open-circuit sensitivity

水听器电缆末端开路灵敏度 end-of-cable open-circuit sensitivity of a hydrophone

M_c

在水听器的任何一体化电缆的末端或输出接头处的瞬时开路电压,除以水听器移去时水听器参考中心处未受扰动的平面波自由场的瞬时声压。

注: 见 IEC 60565:2006 中 3.15 定义的自由场灵敏度。

单位: V/Pa, 伏/帕

3.7

自由场 free field

在均匀各向同性媒质中,边界效应可以忽略不计的声场。

注: 见 IEC 60565:2006 中 3.13。

3.8

水听器几何半径 hydrophone geometrical radius

水听器敏感元件的几何半径 geometrical radius of a hydrophone active element

a_g

由水听器敏感元件尺寸确定的半径。

单位: m, 米

3.9

水听器 hydrophone

响应水中的声信号产生电信号的传感器。

[见 IEC 801-32-26]

3.10

水听器组件 hydrophone assembly

水听器和水听器前置放大器的组合。

3.11

水听器轴 hydrophone axis

水听器敏感元件标称的对称轴。

注：除非制造商另有声明（明确且定量），本部分对其理解为水听器外观形状上的几何对称轴。

3.12

水听器前置放大器 hydrophone pre-amplifier

连接到或将连接到特定水听器的有源电子装置，并降低其输出阻抗。

注 1：水听器前置放大器需要有供电电源。

注 2：水听器前置放大器的电压传输系数可能小于 1，也就是严格地讲，并不一定要求是电压放大器。

3.13

参考中心 reference centre

位于或靠近水听器，定义其声接收灵敏度的点。

注 1：除非制造商另有声明（明确且定量），本部分对其理解为水听器敏感元件前端面的几何中心。

注 2：见 IEC 60565:2006 中 3.25。

3.14

不确定度 uncertainty

合理地表征赋予被测量之值的分散性，与测量结果相关联的参数。

注：见 ISO 测量不确定度表述导则[2]中的 2.2.3。

4 符号

下列符号适用于本文件。

a_g —— 水听器几何半径。

a_h —— 水听器有效半径 (a_{h3} , a_{h6} 分别表示按照 3 dB 或 6 dB 指定数值的定义)。

c —— 媒质（通常为水）的声速。

f —— 频率。

$\underline{M}$ —— 复数水听器灵敏度的通用符号， $M = |\underline{M}|$ 表示其模数， $\arg(\underline{M})$ 表示其幅角（= 相位角）。

M_c —— 电缆末端开路灵敏度。

M_L —— 电缆末端有载灵敏度。

$\underline{Z}_h$ —— 水听器或水听器组件的复数电输出阻抗。

$\underline{Z}_L$ —— 电负载阻抗。

θ —— 超声波相对于水听器轴的入射角度 (θ_3 , θ_6 对应于指定的 3 dB 和 6 dB 级)。

5 水听器的特性

5.1 概述

在本部分适用的频率范围内，关于水听器性能的完整特性，要求提供下列资料。在附录 A 中给出了水听器特性提供的实例。

5.2 基本资料

应简要说明下列内容：

—— 能量转换过程的基本物理原理，所涉及传感器材料的类型，水听器敏感元件的外形和几何尺寸（直径、厚度），若是针状水听器则注明针的直径；

- 水听器的结构和设计；
- 水听器是否配备前置放大器；若前置放大器能够与水听器分离，应明确地给出前置放大器类型与水听器类型的匹配资料；
- 相对于水听器而言，超声入射的标称方向。

注：最后一点很重要，在参考文献[3]中介绍，即使针对薄膜水听器，相对于水听器而言超声传播方向反向时，响应也可能改变。

建议简要说明下列内容：

- 水听器敏感元件的基本厚度共振频率；
- 水听器的尺寸和重量；
- 在薄膜水听器情况下，声反射和透射系数（很可能与频率有关）。

与 5.3 和 5.4 相关的内容：若有相位信息可用，除了灵敏度（等于复数水听器灵敏度的模数），还宜给出相位角（等于复数水听器灵敏度的幅角），以及除了灵敏度的频率特性，还宜给出相位角的频率特性。

5.3 灵敏度

应公布水听器或水听器组件的电缆末端灵敏度，以 V/Pa 或其十进制的倍数为单位，或以所公布的灵敏度数值为基准，以 dB 形式给出对数级。

若前置放大器的作用包含在灵敏度数值中，则应加以说明。

应公布所给出的灵敏度数值是电缆末端开路灵敏度还是电缆末端有载灵敏度。对后者，应公布相关的电负载条件，即所公布灵敏度对应的电负载阻抗。

应给出所公布灵敏度的不确定度。

应公布所给出灵敏度，和其不确定度适用的频率范围。在本部分中，可以分别给出不同频段的灵敏度和不确定度数值。

应描述获得灵敏度和不确定度数值时，所采用的方法。

应给出灵敏度对频率的依赖性，应公布水听器灵敏度与水温的关系，至少覆盖 19℃～25℃ 的温度范围，或与所公布灵敏度相关的特定水温，还应一起公布灵敏度的温度系数。

在使用手册中应给出推荐的校准周期，除非特定装置的应用标准另有规定，应遵循该建议的要求。

注 1：在大多数情况下，一年的校准周期是较适用的。

若灵敏度与水听器敏感元件前端面的几何中心没有对应关系，则应指明其参考中心。

注 2：在考虑相位关系时，这点尤其重要。

若灵敏度与水听器轴方向上的入射没有对应关系，则应指明声入射的方向。

5.4 频率响应

5.4.1 标称频段

应公布水听器或水听器组件的标称频段，给出频率下限和频率上限。在标称频段内，水听器或水听器组件的电缆末端灵敏度应是恒量，还应公布其容差范围。

5.4.2 频率依赖性

应以图形或数值列表的形式，在至少包括 5.4.1 标称频段的频率范围中，公布水听器或水听器组件的电缆末端灵敏度或灵敏度级的频率函数。若以数值列表或图形离散点的形式给出，相邻频率点之间的间隔宜足够小，确保给出频率依赖性的所有重要信息，且相邻点之间灵敏度级的变化不超出 ±1 dB。

频率响应可给出绝对灵敏度数值，或以特定频率处水听器或水听器组件绝对灵敏度为基准的相对表达式的形式给出，在采用相对表达式的情况下，应公布特定频率处的基准灵敏度。

频率响应的报告,应与 5.3 灵敏度的报告采用相同的条件(也就是水听器或水听器组件的负载或开路输出)。

若在频率响应的表达式中灵敏度数值的不确定度,不同于 5.3 的总不确定度评估,则应明确说明,并应给出新的或附加的不确定度。若频率响应仅采用图形来表示,则源于查阅图形引入的附加不确定度应小于所列总不确定度的 10%。

若频率响应以绝对数值列表的形式给出(电缆末端负载或开路),则可以忽略按 5.3 要求的灵敏度报告。

注 1: 频率响应可能取决于电负载条件。

注 2: 若在实践中,水听器或水听器组件与后续的电子装置,诸如放大器、示波器等配套使用,则整个系统的频率响应当然会受到这些附加装置频率响应的影响。

5.5 指向性响应

5.5.1 概述

应公布 5.4.1 标称频段上下限处水听器的指向性响应,同时应说明所采用的确定方法。还应在上下限频率的几何平均值处公布指向性响应;若共振点位于所标称频段范围内,还应在靠近基频厚度共振频率处公布指向性响应。

在测量指向性响应时,宜绕着通过参考中心并垂直于水听器轴的轴,在至少 $-35^{\circ} \sim +35^{\circ}$ 的范围内(以水听器轴为基准)旋转水听器;或至少从第一个左转最小值到第一个右转最小值,取上述两者中较大的角度范围。若采用该方法,则应测量两次,也就是取两根相互垂直的旋转轴。若在垂直于该轴的平面内,水听器具有特定明显的方向性(例如薄膜水听器的电极引线),旋转轴宜位于该方向,并垂直于该平面。若敏感元件是非圆形的,则旋转轴之一应位于最大尺寸的方向上,旋转轴的方向应在水听器或随机文件中标注。

应在近似为平面波的超声场中进行指向性响应的测量。

若敏感元件的形状不规则,或具有两个以上的对称轴,则还宜在附加轴上进行指向性响应的测量。

应公布由测量获得的每一种指向性响应的结果。

5.5.2 指向性响应的对称性

若获得的任何一个指向性响应结果,最大响应方向和水听器轴之间的角度大于从左侧 -6 dB 方向到右侧 $+6$ dB 方向之间角度的 $1/10$,则应加以说明并应给出偏离轴向的角度。水听器轴方向上的灵敏度级,应不低于任何方向上的最大值减去 2 dB。

任何指向性响应的对称性宜使得,出现在某些特定方向上的归一化的 -6 dB 灵敏度级,对于最大灵敏度(0 dB)方向的形成一个特定的张角,在对应于最大灵敏度方向相同张角的另一侧,测量的灵敏度级应在 -6 dB ± 3 dB 范围内。

注: 若最大灵敏度响应随频率剧烈变动,则对现场测量将造成困难。

5.6 有效半径

应根据 5.5 获得的指向性响应结果,导出水听器敏感元件的有效半径,并在 5.4.1 给定的频率上加以公布。

若在指向性响应的考虑中,左侧 -3 dB 方向和右侧 -3 dB 方向的角度为 $2\theta_3$,左侧 -6 dB 方向和右侧 -6 dB 方向的角度为 $2\theta_6$,在圆形几何对称的假定下,应采用有效半径的下列计算公式:

$$a_{h3} = \frac{1.62c}{2\pi f \sin\theta_3} \dots\dots\dots(1)$$

和

$$a_{h6} = \frac{2.22c}{2\pi f \sin\theta_6} \dots\dots\dots(2)$$

式中:

f ——特定测量时对应的超声频率;

c ——特定温度下,液体媒质中的声速。

考虑到最终有效半径与指向性响应的相关性,应分别计算平均值作为 a_{h3} 和 a_{h6} 。

若敏感元件是圆形的,给出的水听器有效半径应是在两个正交旋转轴上所获得的两个有效半径的平均值。若敏感元件是非圆形的,给出的水听器有效半径应是从各个指向性响应所获得的有效半径的最大值。在后一种情况下,对特定的形状掌握了指向性响应和有效半径之间的理论关系,则应采用该理论公式;否则采用公式(1)和公式(2)作近似计算。

注:半径通常是频率的函数,有代表性的经验数据见参考文献[3]。

5.7 动态范围、线性度和电磁干扰

应公布水听器或水听器组件的动态范围也就是水听器或水听器组件能够承受的声压幅度范围。

动态范围至少应满足下列条件:

- a) 对水听器或水听器组件不造成机械或电气损伤;
- b) 输出不饱和;
- c) 输出信号应高于噪声电平。

注1:“输出饱和”意味着对水听器施加非零声压的增量,无法导致电压的变化。

注2:噪声电平可能取决于电磁干扰,可能随着测量位置的电磁条件而改变。理想条件下,有可能给出的噪声电平,能够代表除了电磁干扰之外所有源的噪声。

水听器或水听器组件的线性范围也就是水听器或水听器组件在下述条件下的线性工作区域,线性范围的数值应加以公布。

条件如下:若在电缆末端输出电压与自由场声压幅度的图表中,从原点作一条直线,在一定的声压范围内,实际电压值偏离该直线不超出 $\pm 10\%$,则该声压范围称为水听器或水听器组件的线性范围。对5.4.1标称频段范围内的任何频率均应加以考虑。

应提供如何将电磁干扰减至最小的资料或建议。

5.8 电输出特性

5.8.1 概述

应公布水听器或水听器组件电缆末端复数电输出阻抗 $\underline{Z}_h$ 与频率的函数关系。以给出实部和虚部,或给出等效网络的电分量(诸如电阻和电容)的形式来表示。对后一种情况,应清楚地说明网络的类型(也就是电阻与电容是串联还是并联)。

复数电缆末端有载灵敏度和复数电缆末端开路灵敏度之间的关系取决于 $\underline{Z}_h$ 和 $\underline{Z}_L$,如下式:

$$\underline{M}_L = \underline{M}_C \{ \underline{Z}_L / (\underline{Z}_h + \underline{Z}_L) \} \dots\dots\dots(3)$$

模计算如下:

$$M_L = M_C \left\{ \frac{\text{Re}^2 \underline{Z}_L + \text{Im}^2 \underline{Z}_L}{[\text{Re} \underline{Z}_h + \text{Re} \underline{Z}_L]^2 + [\text{Im} \underline{Z}_h + \text{Im} \underline{Z}_L]^2} \right\}^{1/2} \dots\dots\dots(4)$$

式中:

M_L —— 电缆末端有载灵敏度;

M_c —— 电缆末端开路灵敏度;

Re —— 相关量值的实部;

Im —— 相关量值的虚部。

若实际的电负载阻抗不满足给定灵敏度数值的特定条件时,可以采用公式(3)和公式(4)来计算修正系数。

注:公式(3)和公式(4)适用于频域计算,与超声脉冲相关的特定水听器的应用领域,需要考虑时域计算(时间卷积和反卷积)。

5.8.2 无前置放大器的水听器

对无前置放大器的水听器,水听器电缆末端灵敏度可以采用有载灵敏度或开路灵敏度的形式公布。

若以有载灵敏度的形式公布电缆末端灵敏度,应同时公布与灵敏度数值相关的电负载条件(电负载阻抗或等效网络分量)。若水听器工作在不同的负载条件下,则应根据公式(4)修正灵敏度数值。

若以开路灵敏度的形式公布电缆末端灵敏度,且水听器输出连接到有限的电负载阻抗,则应根据公式(4)修正灵敏度数值。

5.8.3 水听器组件

对水听器组件,应以有载灵敏度的形式公布电缆末端灵敏度,且应同时公布与灵敏度数值相关的电负载条件(电负载阻抗或等效网络分量)。若水听器组件工作在不同的负载条件下,则应根据公式(4)修正灵敏度数值。

5.8.4 输出导线配置

应说明输出导线的基本配置,诸如是否采用差分输出(浮动)或非对称输出(信号输出和地)。

5.9 环境方面的考虑

5.9.1 温度范围

制造商应公布水听器和水听器组件允许的工作和贮存温度范围。

5.9.2 水密性

应公布水听器和水听器组件中的水密部分和非水密部分,若存在限制条件,还应公布可浸入水中的可持续时间(可能随温度而变)。

5.9.3 水质和不相容材料

若存在限制条件,应公布对水的电导率要求,涉及到水听器定量属性的所有关于水的要求(例如电导率、含气量)应加以公布。

应公布对不相容材料(例如液体、溶液)的限制要求。

5.9.4 裸露的材料

应公布水听器允许采用的,裸露在液体中材料的类型(例如金属、橡胶、树脂等),所有裸露的水听器部件应采用耐腐蚀、抗腐蚀的材料制作,尤其是要避免裸露元件的各种金属可能发生的电化学腐蚀。

水听器外壳裸露的金属部分和静电屏蔽罩,应连接到电缆的屏蔽层。

5.10 指导手册

应提供水听器或水听器组件的详细指导手册。

除了 5.2~5.9 规定的内容之外,说明书还宜包括下列内容:

- 展示水听器或水听器组件几何形状和尺寸的简图;
- 正确和安全使用水听器或水听器组件的指导,包括浸润时间,温度范围和最大超声声压;
- 典型的频率-阻抗图和放大器频率-增益图(若适用)。

5.11 水听器特性列表

所要求的水听器特性资料汇总如下:

- 基本资料,诸如声学敏感材料、几何尺寸、是否配置前置放大器;
- 水听器灵敏度;
- (灵敏度)频率响应;
- 指向性响应和有效半径;
- 动态范围和线性范围;
- 电输出阻抗和导线配置;
- 环境方面的考虑。

附录 A (资料性附录)

关于水听器特性资料的示例

A.1 概述

本附录提供的样品资料,是一个设计配接可浸入式水听器前置放大器的 0.2 mm 的针状水听器,所公布的水听器声学特性,涉及到水听器/前置放大器的组合(水听器组件)。

注:本附录给出的材料仅用于示范,表明如何提交资料而不是对特定产品的认可。

A.2 基本资料

表 A.1 0.2 mm 针状水听器组件基本资料的示例

所要求特性的资料	0.2 mm 针状水听器的实例
能量转换方式	压电转换
传感器材料	聚偏二氟乙烯(PVDF)
敏感元件几何尺寸	直径 0.2 mm、厚度 9 μm
压电薄膜厚度共振频率	63 MHz
3 MHz 处的典型灵敏度	50 nV/Pa(详细数据见 A.3)
针杆外径	0.5 mm
水听器重量	1.5 g
水听器长度	总长:55 mm、针杆长度:35 mm
前置放大器	水听器配接型号为 NNNN 的可浸入式前置放大器
标称输出阻抗	50 Ω
使用时的方位	针尖对准声源

A.3 灵敏度和频率响应

图 A.1 展示了 50 Ω 负载时,针状水听器配接指定前置放大器后的电缆末端有载灵敏度。

采用取代校准法并遵循 Smith and Bacon[4]描述的方法获得频率响应图。使用的超声源能够产生包括丰富谐波分量的高幅猝发波形,校准使用声源的基频是 1 MHz,声源在基频的整数倍上均能提供有效的超声能量,确保在 1 MHz~20 MHz 范围内以 1 MHz 为增量进行水听器的校准。水听器在 $(20\pm 2)^\circ\text{C}$ 的温度条件下进行校准。

注:在 A.8 中给出灵敏度的温度系数。

用于绝对声压测量的针状水听器,建议每 12 个月校准一次,每月基于参考源核查一次水听器,确保在每年一次的校准周期内,及时发现灵敏度的变化。

水听器灵敏度: $(47\pm 5)\text{nV/Pa}$;

水听器频带:1 MHz~20 MHz;

测量不确定度:1 MHz~8 MHz:14%; 9 MHz~20 MHz:18%。

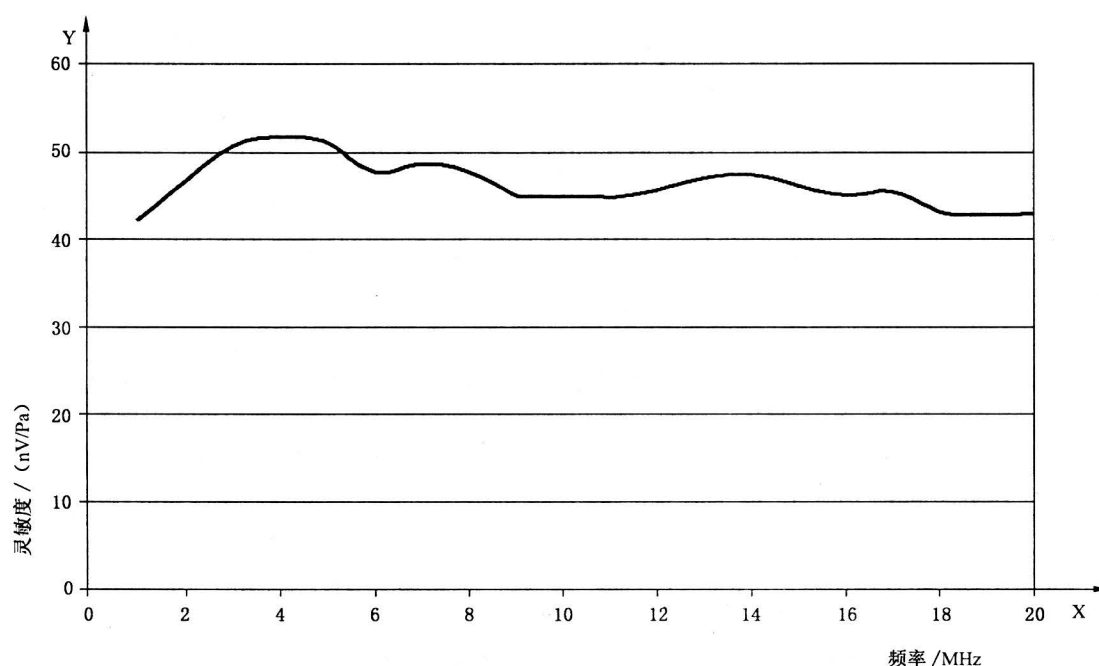


图 A.1 0.2 mm 针状水听器的频率响应

频率响应测量的测量不确定度要根据参考文献[1]的方法确定,主要的不确定度分量之一是对校准过程中所用参考水听器的校准,其自身可追溯至国家主基准。

注:在参考文献[5]中解释了针状水听器的频率特性。

A.4 指向性响应

确定水听器的指向性响应时,使用确定频率响应时的相同非线性声场。将水听器固定在夹具中,确保能够精确调整敏感元件的位置。调整水听器的尖端,使得其在声场中旋转时,所记录的波形在时间上的偏移短于 100 ns。这种调整确保在旋转期间水听器的位置未移动,所接收信号的变化均归结于水听器的指向性响应。通过记录水听器所产生波形和角度之间的函数关系,可以确定这段频率范围内的指向性响应。在图 A.2 中绘出了 1 MHz、5 MHz、10 MHz、15 MHz 和 20 MHz 频率点处 0.2 mm 针状水听器的指向性响应。

A.5 有效半径

按照 5.6 所述的方法,根据指向性响应曲线上一 3 dB 和 -6 dB 点处的角度计算水听器的有效半径。0.2 mm 水听器的有效半径分别为:5 MHz 处 0.131 mm、10 MHz 处 0.124 mm、15 MHz 处 0.114 mm、20 MHz 处 0.121 mm。

注 1:在这里公布的是 $a_{-3\text{dB}}$ 和 $a_{-6\text{dB}}$ 的平均值。

注 2:由于指向性响应曲线未达到 -3 dB 极限和 -6 dB 极限,无法采用规定的方法评估 1 MHz 处的有效水听器半径。

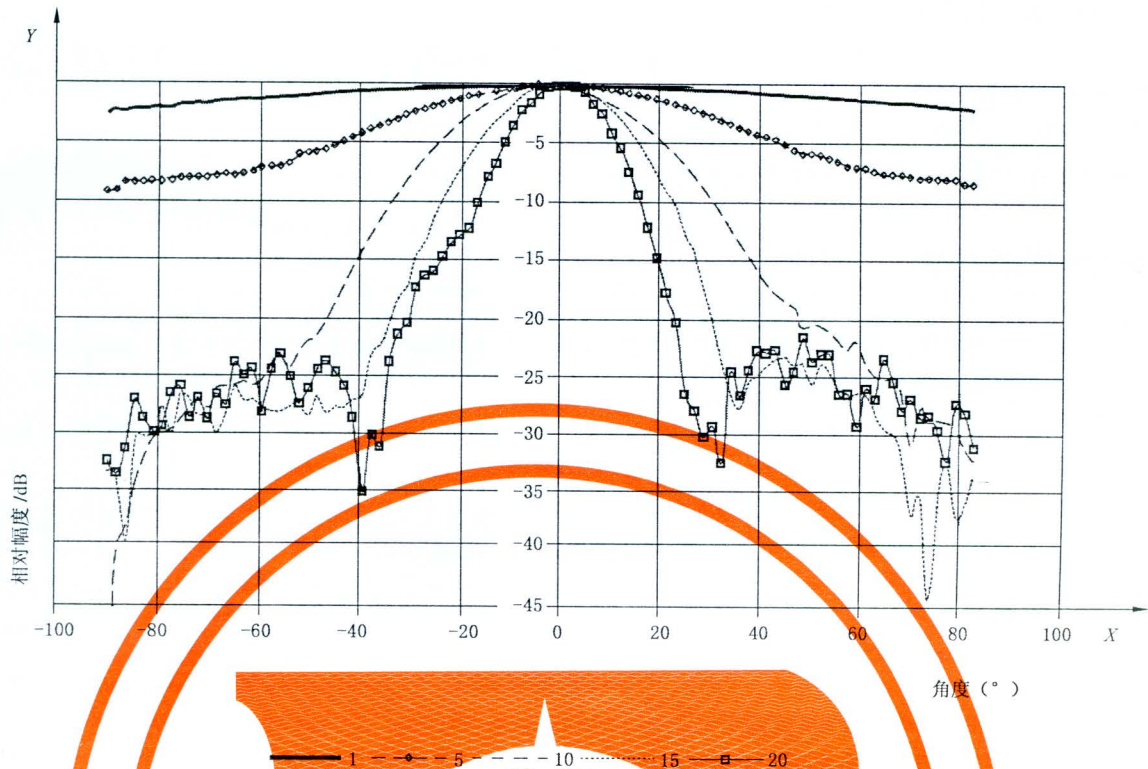


图 A.2 0.2 mm 针状水听器的指向性响应

注 1: 图 A.2 仅显示了 5.5 所述两根垂直旋转轴中的一根。

注 2: 图 A.2 显示的 5 MHz~20 MHz 指向性响应曲线满足 5.5.2 的对称性判据。由于指向性响应曲线未达到 -6 dB 极限,无法评估 1 MHz 处的对称性,区别不同的频率见图下方的方框。

A.6 动态范围、线性度和电磁干扰

A.6.1 动态范围下限

水听器组件的噪声本底限制了对小声学信号的测量,在 100 MHz 带宽范围内,前置放大器的噪声电平近似为 50 μV 有效值。若假定水听器的灵敏度为 50 nV/Pa,则上述的噪声电平折合噪声等效声压为 50 $\mu\text{V}/(50 \text{ nV/Pa})=1 \text{ kPa}$ 。

注:用于记录水听器波形的数据采集系统也可能限制最小可记录信号,例如,最大分辨率为 0.5 mV 的示波器所能显示的信号幅度为 0.5 mV/(50 nV/Pa)=10 kPa 或更大。

噪声等效声压 1 kPa。

A.6.2 动态范围上限

考虑到高于水听器机械损坏的声压阈值:所设计水听器的声场上限是 20 MPa。尽管这种类型的水听器已用于 50 MPa 以上的超声场,但存在很高的损坏风险。若将水听器用在包含 20 MPa 以上声压的声场中时,要咨询供应商的建议。

考虑到声压导致放大器的饱和因素:配合水听器使用的前置放大器,在输出电压超过 2 000 mV 时,可能出现非线性现象。考虑典型的水听器灵敏度,其对应的声压为 2 000 mV/(50 nV/Pa)=40 MPa。若声场中的声压超出该数值,则咨询水听器的供应商,考虑选配在线衰减器。

线性度阈值=40 MPa。

可能的损坏阈值=20 MPa。

A.7 电输出特性

在此无典型数据,对所述水听器数据未确定。

A.8 环境方面的考虑

本水听器组件的测量工作温度范围为 5℃~50℃,贮存温度范围为 5℃~50℃。暴露在 60℃ 以上的温度中对水听器可能造成不可逆的损坏。

在 19℃~25℃ 温度范围之间校准水听器组件,水听器的灵敏度是温度的函数,预计温度每升高一度灵敏度增加 0.6%。

按照完全浸入水中的原则设计水听器组件,完全可以承受 2 m 深处水的静压。尽管水听器能够长期浸入水中使用(>48 h),但在不使用时,要从水中取出并阴干。

本水听器在使用时,对水质无特殊的工作要求,然而水听器测量方法标准,诸如 IEC62127-1 和 AIUM/NEMA 输出测量标准[6]可能对水质有特殊要求。

注:长期浸入未去离子的水中(例如自来水)可能导致杂质堆积在水听器的尖端,在“硬”水区,碳酸钙的沉积尤其严重,将导致水听器灵敏度的损失。

尽管设计在水中工作,水听器组件也可以用于许多其他的液体中,然而要注意到,水听器是在水中校准的,其他材料对水听器敏感元件呈现不同的声阻抗负载特性,很可能影响水听器的灵敏度。要避免某些化学属性活泼的液体,例如下列这些材料要避免:

- a) 浓酸(例如硝酸、硫酸);
- b) 浓碱(例如氢氧化钠);
- c) 强有机溶剂[例如许多醛类、许多酮类、团状模塑料(DMC)、二甲基甲酰胺(DMF)]。

供货时,水听器组件暴露在周围液体中的材料有:金、不锈钢、聚四氟乙烯(PTFE)、黄铜和覆盖在前置放大器电缆上的聚氯乙烯(PVC)。然而,若水听器上外部金电极损伤,则 PVDF 和刚性铸件树脂材料也可能裸露在外。

参 考 文 献

- [1] RADULESCU, EG. , LEWIN, PA. , NOWICKI, A. and BERGER, WA. , Hydrophones' effective diameter measurements as a quasi-continuous function of frequency. , Ultrasonics, 2003, vol. 41, iss. 8, p. 635-641
- [2] ISO Guide to the expression of uncertainty in measurement. Geneva, Switzerland, 1995.
- [3] FAY, B. , LEWIN, PA. , LUDWIG, G. , SESSLER, GM. and YANG, G. The influence of spatial polarization distribution on spot poled PVDF membrane hydrophone performance. Ultrasound Med. Biol. , 1992, vol. 18, no. 6-7, p. 625-635.
- [4] SMITH, RA. and BACON, DR. , A multiple-frequency hydrophone calibration technique. J. Acoust. Soc. Am. , 1990, vol. 87, p. 2231-2243.
- [5] FAY, B. , LUDWIG, G. , LANKJAER, C. and LEWIN, PA. Frequency response of PVDF needletype hydrophones. Ultrasound Med. Biol. 1994, vol. 20, no. 4, p. 361-366.
- [6] AIUM/NEMA. , Acoustic output measurement standard for diagnostic ultrasound equipment. (NEMA Standards Publication UD 2-2004, Revision 3) Laurel, MD: American Institute of Ultrasound in Medicine (AIUM); Rosslyn, VA :National Electrical Manufacturers Association (NEMA), 2004. Other publications
- IEC 60050-801, International Electrotechnical Vocabulary—Chapter 801:Acoustics and electroacoustics
- IEC 60050-802, International Electrotechnical Vocabulary—Chapter 802:Ultrasonics
- IEC 60565, Underwater acoustics—Hydrophones—Calibration in the frequency range 0,01 Hz to 1 MHz

中 华 人 民 共 和 国 医 药

行 业 标 准

超 声 水 听 器 第 3 部 分:

40 MHz 以下超声场用水听器的特性

YY/T 0865.3—2013/IEC 62127-3:2007

*

中 国 标 准 出 版 社 出 版 发 行

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100013)

北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网 址 www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.25 字数 28 千字

2013 年 12 月第一版 2013 年 12 月第一次印刷

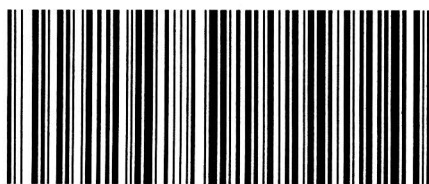
*

书号: 155066·2-26160 定价 26.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68510107



YY/T 0865.3-2013