

## 0.4 mm共面膜水听器（UT1604）



0.4 mm共面膜水听器是由Precision Acoustics生产的一系列膜水听器之一。它被设计与标准潜水前置放大器和电源一起使用形成一个水听器系统。本数据表中报告特性时包含0.4 mm共面膜水听器、前置放大器和电源的水听器系统。

水听器的有源元件的大小会影响许多特性，包括灵敏度、频率响应、方向响应、动态范围和噪声等效压力。本技术数据表是根据IEC62127-第3部分[3]编制的，详细说明了0.4mm共面膜水听器系统的规格。

0.4 mm共面膜水听器是一种金标准测量装置，广泛适用于1.0 MHz到40 MHz的范围之间，特别是诊断超声。

## 产品说明

0.4 mm共面膜水听器是一种金标准水听器，提供优异的灵敏度、频率响应、方向响应、动态范围和噪声等效压力，适用于1 MHz至40 MHz范围内的测量。0.4mm的活动区域提供了足够的灵敏度，可以测量信号约为14 kPa。如果需要一个具有更高灵敏度的系统，UT1604可以提供一个可选的匹配信号放大器（图1），其提供可切换的x1或x5增益。

## 规格

型号	UT1604	
传感器元件尺寸	直径:	0.4 mm
	薄膜厚度:	16 μm
水听器的尺寸	见图2	
水听器重量	65g（不带前置放大器）	
转换方法	压电转换	
传感器材料	聚偏氟乙烯（PVDF）	
20 MHz至20 MHz 范围内的平均灵敏度	35 mV/MPa（以下附加数据）	
灵敏度公差	±3 dB	
水听器频段	0.1 MHz至40 MHz	
测量不确定性	0.1 MHz至1 MHz: 8 %	
	1 MHz至8 MHz: 9%	
	9 MHz至20 MHz: 11 %	
	21 MHz至30 MHz: 12 %	
	31 MHz至40 MHz: 15 %	
水听器系统输出阻抗	50 Ω	
使用过程中的方向	与源的声轴正交的膜表面（见图4）	



图1-与UT1604膜水听器一起使用的可选信号放大器

尺寸

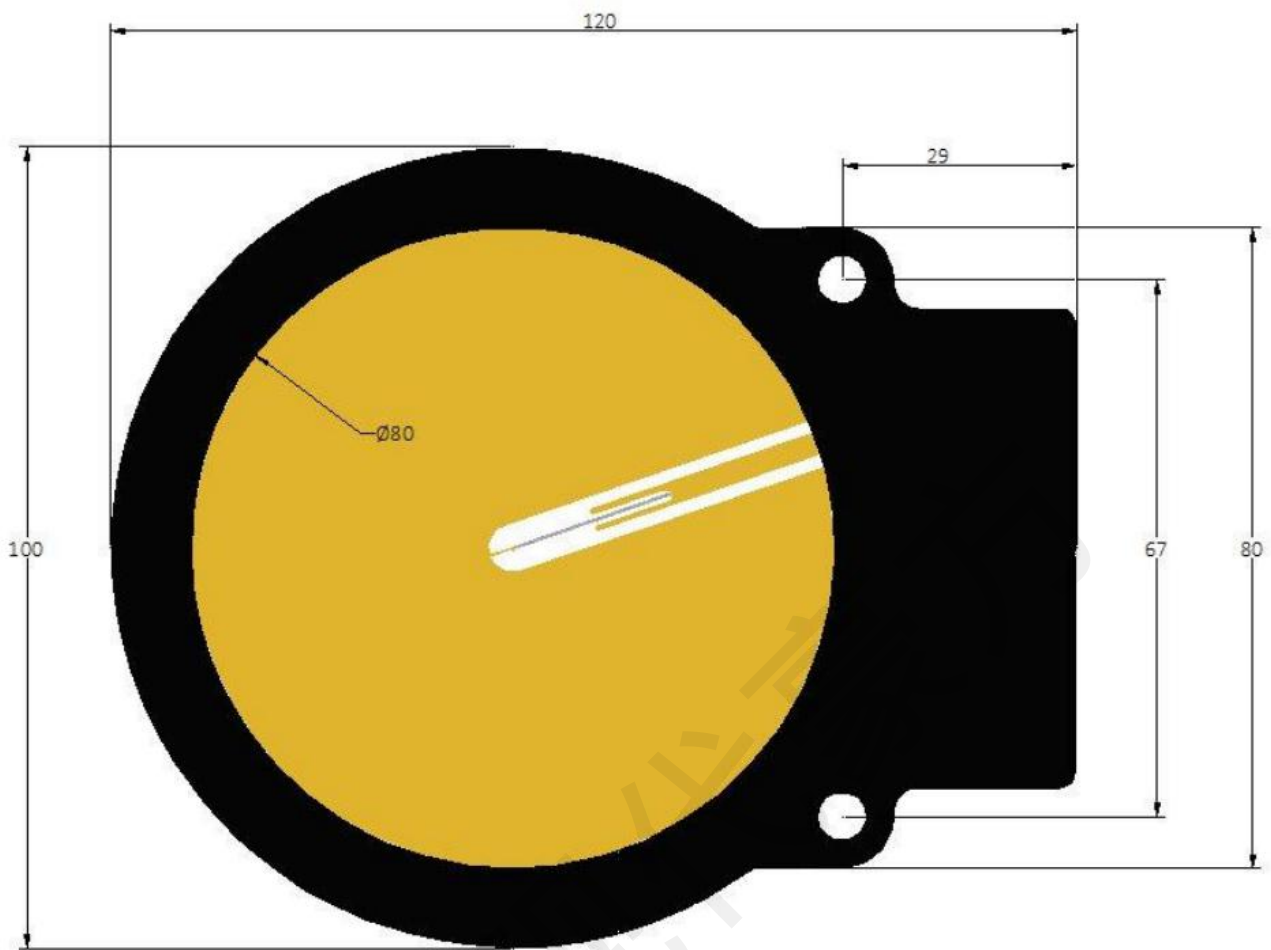


图2-0. 4mm共面膜水听器 (UT1604) 尺寸图

## 灵敏度和频率响应

所有水听器都有一个随频率变化的频率响应。这种反应的理论基础已经被很好地理解和描述[1][2]。图3显示了膜水听器在有和没有信号放大器时加载50 Ω时的典型电缆端加载灵敏度大小。还显示了膜水听器（没有信号放大器）在1 MHz到40 MHz的频率范围内的相位响应。这些图表中显示的数据是由伦敦国家物理实验室（NPL）获得的。

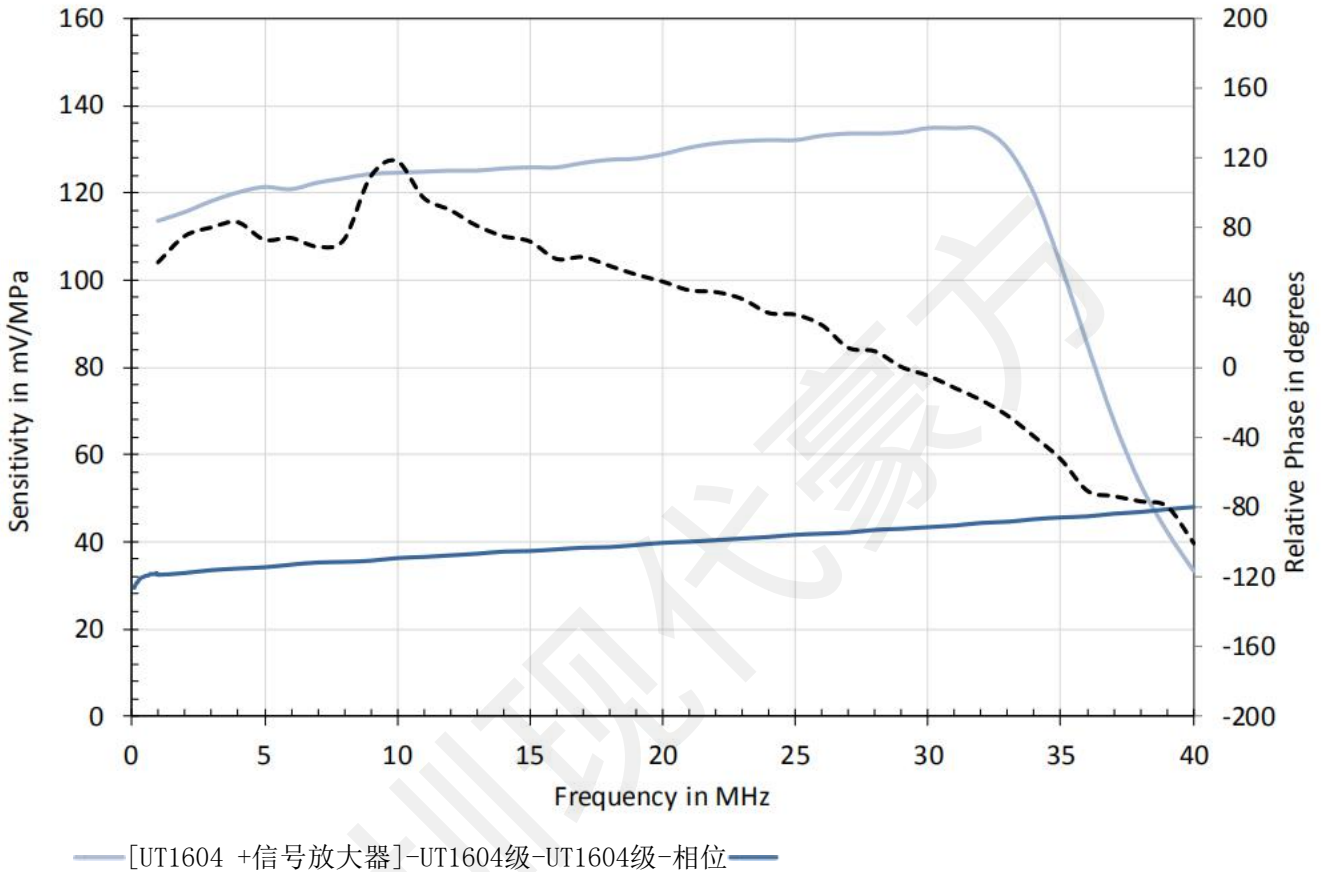


图3-在100 kHz至1.0 MHz范围内的0.4 mm共面膜水听器的典型频率响应

用于绝对测量的水听器应至少每12个月校准一次。每月应将水听器与参考源进行比较，以便在年度校准间隔之前识别出灵敏度的变化。

频率响应测量的测量不确定度根据[3]中建立的方法确定的。其中一个主要的不确定性因素是由于校准中使用的参考水听器，其本身可追溯到国家基准标准。

## 定向响应

膜水听器先前已经被证明[4]具有定向响应，在低频和大角度下有较大的侧波瓣。这是一种与通常所预期的非常不同形式的探针型水听器，并将其归因于膜上的兰姆波。

水听器的方向响应建立采用了与确定频率响应相同的非线性场。水听器被放置在一个固定装置中，允许调整活动元件的精确位置。然后调整水听器，使其在现场旋转时，记录的波形的时间位移小于100 ns。这种对准确确保了水听器在旋转过程中不会被移位，因此接收信号的任何变化都仅仅是由于水听器的方向响应。通过记录水听器在不同角度下产生的波形，可以确定在一系列频率下的方向性响应。0.4 mm共面膜水听器在1 MHz、5 MHz、10 MHz、15 MHz、25 MHz、30 MHz 和 40 MHz的方向响应如图5所示。

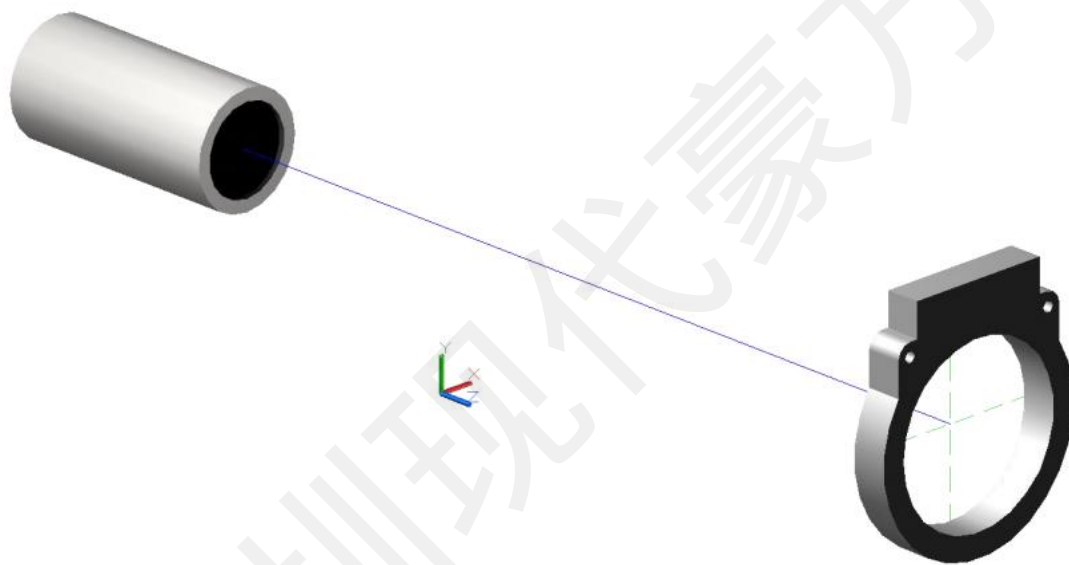


图4-使用过程中膜水听器的使用方向



Figure currently unavailable

Figure 5 - Directional response of 0.4 mm co-planar membrane hydrophone

#### 有效半径

水听器的有效半径是根据方向响应曲线的-3dB和-6 dB点出现的角度计算出来的，平均有效半径如图6所示。然而，IEC方法在较低的频率下无法做到这一点，因为它所基于的理论模型不能考虑到兰姆波传播的原因。

and the directional response stays above -6dB level at frequencies below 5 MHz.



Figure currently unavailable

Figure 6 - Effective radius of 0.4 mm co-planar membrane hydrophone

## 动态范围，线性度和电磁干扰

### 动态下限

水听器组件的底噪声限制了对小声学信号的测量。在100 MHz的带宽上，预放大器的噪声水平约为60 $\mu$ V rms。如果假设水听器灵敏度为340 mV/MPa，则所述的噪声水平将导致0.4 mm共面膜水听器的噪声等效压力：

$$\frac{60 \mu V}{35 \text{ mV} / \text{MPa}} = 1.7 \text{ kPa}$$

用于记录水听器产生的波形的数据采集系统也可以限制最小可记录信号。例如，示波器被限制在最大分辨率为0.5mV将只能显示的信号振幅为0.5mV / 150mV/MPa=1.5kPa或更高。

$$\frac{0.5 \text{ mV}}{35 \text{ mV} / \text{MPa}} = 14 \text{ kPa}$$

### 上动态极限

关于水听器发生机械损伤时超过的压力阈值：该水听器被设计为能够承受高达10 MPa的超声波压力。虽然这种类型的水听器已经用于超过50 MPa的超声波场，但损伤的风险较高。如果水听器要用于包含声压水平超过10 MPa的领域，则应征求供应商的意见。

关于放大器饱和发生的压力：当这个水听器使用的前置放大器的输出电压超过700 mV峰值时，可以开始表现出非线性。考虑到典型的0.4 mm共面膜水听器敏感性，这对应的压力为

$$\frac{700 \text{ mV}}{35 \text{ mV} / \text{MPa}} = 20 \text{ MPa}$$

### 电输出特性

没有具有代表性的数据，因为这尚未确定这里描述的水听器。

## 环境方面

### 温度变化

该水听器可用于在5° C至50° C的工作温度范围内的测量，并可存储在5° C至50° C的范围内。暴露在60° C以上的温度下，有可能对水听器造成不可逆的损伤。

该水听器组件已在19° C和25° C之间的温度下进行了校准。水听器的灵敏度将是温度的函数，水听器的灵敏度将随温度升高的变化而增加0.4%。

### 水质

水听器组件设计为完全浸没在水中，易于承受2m水引起的静水压力。虽然水听器组件可以长时间浸泡使用(>48小时)，但不使用时应将其从水中取出并晾干。

0.4 mm共面膜水听器设计用于去离子水。如果将水听器用于电导率超过5  $\mu$ S/cm的水中，通过水中的电容效应可能会改变波形形状；这在压力波形的峰值负偏移上尤其明显。此外，水听器测量标准，如[6] [7]，可能对水质有特定的要求。

长时间浸泡在未被去离子化的水中(如自来水)会导致水听器上的沉积物堆积。碳酸钙沉积可能是“硬”水地区的一个特殊问题，将导致水听器的敏感性丧失。

### 其他液体介质

虽然设计用于在水中操作，但水听器组件可以用于许多其他液体介质。但是，应该注意的是，这个水听器的校准是在水中进行的。其他材料在水听器活性元件上存在不同的声阻抗负载，这可能会影响水听器的灵敏度。某些液体具有化学腐蚀性。应避免使用的材料包括：

浓酸(如硝酸，硫酸)；  
浓碱(如氢氧化钠)；  
强有机溶剂[如许多醛类，许多酮类，二甲基氯化物(DMC)，二甲基甲酰胺(DMF)]。

根据供应，在水听器组件中，暴露在周围液体中的唯一材料是金、ABS、PVDF和预放大器电缆上的聚氯乙烯包层。



## REFERENCES

- [1] P. Gelat, R. Preston and A. Hurrell, "A theoretical model describing the transfer characteristics of a membrane hydrophone and validation," *Ultrasonics*, vol. 43, pp. 331-341, 2005.
- [2] S. Robinson, R. Preston, M. Smith and C. Millar, "PVDF Reference Hydrophone Development in the UK—From Fabrication and Lamination to Use as Secondary Standards," *IEEE Trans. UFFC*, vol. 47, pp. 1336-1344, 2000.
- [3] BIPM, *JCGM100: 2008 Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement*, 2008.
- [4] D. R. Bacon, "Characteristics of a PVDF membrane hydrophone for use in the range 1-100 mhz," *IEEE Trans. SU*, Vols. SU-29, pp. 18-25, 1982.
- [5] IEC, *62127 Ultrasonics - Hydrophones - Part 3: Properties of hydrophones for ultrasonic fields up to 40 MHz*, 2007.
- [6] IEC, *62127 Ultrasonics - Hydrophones - Part 1: Measurement and characterisation of medical ultrasonic fields up to 40 MHz*, 2013.
- [7] IEC, *61157 Standard means for the reporting of the acoustic output of medical diagnostic ultrasonic equipment*, 2013.

所有的信息都是基于从经验和测试中获得的结果，并被认为是准确的，但不承担因依赖其而造成的损失或损害的责任，使用不在公司的控制之下。